

Философия биологии

Джеймс Джонстон

THE PHILOSOPHY OF BIOLOGY

BY
JAMES JOHNSTONE D.Sc.

Электронная книга проекта "Гутенберг" по философии биологии

Эта электронная книга предназначена для использования любым человеком в любой точке Соединенных Штатов и большинства других частей мира бесплатно и практически без каких-либо ограничений. Вы можете скопировать его, раздать или повторно использовать в соответствии с условиями лицензии Project Gutenberg, прилагаемой к этой книге, или онлайн по адресу www.gutenberg.org. Если вы находитесь за пределами Соединенных Штатов, вам необходимо ознакомиться с законами страны, в которой вы находитесь, прежде чем использовать эту электронную книгу.

Название: Философия биологии

Автор: Джеймс Джонстон

Дата выхода: 23 марта 2020 г. [Электронная книга № 61663]

Последнее обновление: 17 октября 2024 г.

Язык: Английский

Втирах: Продюсерами выступили Тьерс Холливелл, Ричард Халс, Брайан Несси команда онлайн-редакторов, распространяющих корректуру, на.....<https://www.pgdp.net> (Этот файл был создан на основе изображений, щедро предоставленных архивом Интернета / Американскими библиотеками.)

*** НАЧАЛО ПРОЕКТА "ЭЛЕКТРОННАЯ КНИГА ГУТЕНБЕРГА " ФИЛОСОФИЯ БИОЛОГИИ" ***

Примечания переписчика:

Текст этой электронной книги в основном сохранен в первоначальном виде, но ряд типографских ошибок был исправлен без предупреждения - они [перечислены](#) в конце книги. Отсутствующая или непоследовательная пунктуация была исправлена в нескольких местах, но непоследовательная расстановка переносов не была изменена. Маркер для сноски 31 отсутствовал в первоначальном тексте и был произвольно помещен в конце соответствующего абзаца. Исправлен элемент указателя, в котором отсутствовала ссылка на страницу; архаичный символ, представляющий математическую функцию 'факториал', заменен стандартным восклицательным знаком (!); несколько иллюстраций перенесены ближе к соответствующему тексту, а к сноскам и другим перекрестным ссылкам добавлены гиперссылки. Номера страниц указаны на правом поле, а сноски расположены в конце. Сноски расположены в конце.

Изображение обложки книги создано автором и находится в общественном достоянии.

ФИЛОСОФИЯ БИОЛОГИИ

ИЗДАТЕЛЬСТВО КЕМБРИДЖСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Лондон: ФЕТТЕР ЛЕЙН, Э.К.

К. Ф. КЛЕЙ, менеджер



Эдинбург: ПРИНСЕС-СТРИТ, 100

Берлин: А. АШЕР И КО.

Лейпциг: Ф. А. БРОКГАУЗ

Нью-Йорк: СЫНОВЬЯ Г. П. ПАТНЭМА

Бомбей и Калькутта: MACMILLAN AND CO., Ltd.

Торонто: J. M. DENT & SONS, Ltd.

Токио: МАРУЗЕН-КАБУСИКИ-КАЙША

Все права защищены

ФИЛОСОФИЯ БИОЛОГИИ

АВТОР: ДЖЕЙМС ДЖОНСТОН, D.Sc.

кембридж:

в издательстве University Press

1914

Введение

Было высказано предположение, что некоторая ссылка апологетического характера на название этой книги может быть желательна, поэтому я хочу отметить, что это действительно может быть оправдано. Наука, говорит Дриш, - это попытка описать Данность, а философия - это попытка понять ее. Наша задача, как исследователей природы, описать то, что, как нам кажется, там происходит, и знание, которого мы таким образом достигаем, то есть наше восприятие, так сказать, утонченное, модифицированное нашей ментальной организацией, связанное друг с другом, классифицированное и запоминаемое, составляет нашу Данность. Это всего лишь описание того, что нам кажется природой. Но мало кто из нас остается доволен этим, и импульс выйти за рамки наших простых описаний временами непреодолим. Скованные нашими привычками мышления и ограниченностью ощущений, мы, кажется, смотрим в темноту и видим только тени вещей. Затем мы пытаемся развернуться, чтобы узнать, что отбрасывает тени, и что в нас самих придает им форму. Мы ищем Реальность, которая, как нам кажется, находится за тенью. Это и есть Философия.

Физики, жившие на поколение раньше нашего, думали, что открыли Реальность в своей концепции Вселенной, состоящей из атомов и молекул, находящихся в непрерывном движении. То, что он описывал, было всего лишь движениями и трансформациями, но он понимал эти движения и трансформации как материю и энергию. Однако более тонкие умы, чем великие физики начала девятнадцатого века, уже поняли, что ощущение может ввести нас в заблуждение. В нас было нечто, что постоянно менялось — это было наше сознание, и это было все, что мы знали. Если внешние вещи действительно существовали, они существовали только потому, что мы думали о них. Но мы сами существуем, ибо мы не только поток сознания, который постоянно меняется, но в нас есть личность, или идентичность, которая оставалась неизменной на протяжении всех перипетий нашего сознания. Если вещи, которые существуют для нас, существуют только потому, что мы их мыслим, и если мы тоже существуем, то мы должны существовать в мышлении Абсолютного Разума, который мыслит нас. Физическая наука, изучающая только движения и трансформации, поняла, что есть нечто, что движется и трансформируется — это материя и энергия. Ментальная наука, изучающая только мысль, поняла, что природа - это всего лишь мысль Универсального Разума. Любой вывод был в равной степени обоснован философией (или метафизикой), и ни один из них не мог быть доказан или опровергнут научными методами. Спекулятивная игра окончена, сказал Хаксли, давайте перейдем к практической работе!

И физика, и биология действительно приступили к работе, и результаты нам известны. Но физика продвинулась далеко за пределы получения результатов, которые побудили биологию сформулировать наши нынешние гипотезы эволюции и наследственности. По мере того как его знания накапливались, он начал сомневаться, являются ли материя и энергия, атомы и молекулы, масса и инерция — все те вещи, которые он поначалу считал такими реальными, — в конце концов, чем-то иным, чем способами, с помощью которых наша ментальная организация справляется с грубыми ощущениями. Они могли бы, как позже сказал Бергсон, быть формами, в которые мы заливаем наше восприятие. Физика установила проверку Реальности, закон сохранения материи и энергии. Есть существования, которые могут сохраняться, а могут и не сохраняться. Видения, фантомы и грезы - это существование, *пока они длятся*. Они верны для разума, в котором они возникают. Но кажется, что они возникают из ничего и исчезают в ничто, и физическая наука не может их исследовать. Это существование, которое не сохраняется. С другой стороны, те образы, которые мы называем движущейся материей и преобразующей энергией, могут быть исследованы методами физики. Молекулы меняются, но что-то в них, атомы, остается неизменным. Энергия трансформируется, и может даже показаться, что она перестает существовать, но если она исчезает, значит, что-то меняется, так что потерянную энергию можно проследить в природе изменения. Материя и энергия сохраняются, и поэтому они являются единственной Реальностью. Но очевидно, что этот тест имеет *априорную* основу, и мы можем усомниться в том, является ли он проверкой Реальности.

Таким образом, Физика построила динамическую Вселенную, то есть такую, которая состояла из атомов, притягивающих или отталкивающих друг друга с помощью сил, зависящих от расстояний между ними. Даже сейчас эта концепция динамичной, ньютоновской Вселенной полезна, хотя мы признаем, что это всего лишь символизм. Но это была не та концепция, которой физика могла бы долго довольствоваться. Как могли атомы, отделенные друг от друга пустым пространством, воздействовать друг на друга, то есть как вещь могла действовать там, где ее не было? Между атомами должно быть что-то. Вселенная не могла быть прерывистой, и поэтому Физики изобрели *полную* Вселенную. Это была нематериальная, однородная,

невесомая, непрерывная Вселенная. То, что существовало за видимостью атомов, молекул и энергии, было пространственным эфиром. Следует признать, что непрофессионалу эта концепция кажется заключающей в себе только противоречия: разнородные, прерывистые, весомые атомы являются всего лишь сингулярностями в однородной, непрерывной, невесомой среде, или эфире. И все же легко увидеть, что это противоречие возникает в нашем сознании только потому, что мы ранее думали о Вселенной в терминах материи и энергии, и вопреки себе мы пытаемся думать о новой Реальности в терминах старой. Таким образом, в своей попытке понять все свои более поздние результаты Физике пришлось изобрести новую Философию — философию пространственного эфира.

Только в наше время биология стала относиться к этому скептически и начала сомневаться в правильности своей прежней Философии. То, что она описывает — предмет ее Науки, — это не то, что описывает Физика. Есть две области Данности, органическая и неорганическая. Биология, опираясь на физику, изучала движения и трансформации точно так же, как это делала физика, хотя движения, которые она изучала, были более сложными, а трансформации — более загадочными. Но, заимствуя методы исследования Физики, он заимствовал также и ее Философию, и поэтому он поместил за свою Данность Реальность, которую Физика сначала постулировала, а затем отвергла. Следовательно, организм был материальной системой, приводимой в действие энергией. Следует отметить, что это понятие является выводом не из результатов биологии, а только из ее методов.

Исследовала ли Физиология, то есть Физиология Школ, когда-либо по-настоящему организм? Мышечно-нервный препарат, вырезанная почка, через которую поступает кровь, открытая слюнная железа, которая стимулируется, даже лягушка, лишенная полушарий головного мозга, — все это не организмы. Они не являются постоянными центрами действия, автономными физико-химическими констелляциями, способными к независимому существованию и способными к неограниченному росту путем диссоциации. Это части организма, которые, получив импульс жизни, импульс, который вскоре истощается, проявляют на какое-то время некоторые из феноменов организма. Чего физиология достигла в таких исследованиях, так это аналитического описания некоторых видов деятельности организма. Она описывала не жизнь, а скорее физико-химические реакции, в которых проявляется жизнь. Следует отметить, что это описание чрезвычайно важно для человеческой расы в ее стремлении обрести господство над окружающей средой; и нет другого способа продвинуть его дальше, кроме как с помощью методов физической науки. Данность едина, хотя мы произвольно делим ее на области органического и неорганического, и может быть только один способ ее описания. Это механистический метод.

Тем не менее, все это только описание, и наша Философия должна быть попыткой понять наше описание. Биолог-механист, пытаясь отождествить свою философию с философией предыдущего поколения физиков, говорит, что он описывает физико-химический агрегат — совокупность молекул высокой степени сложности, — приводимый в действие энергией и претерпевающий преобразования. Но наш скептицизм относительно обоснованности этого вывода усиливается при размышлении о его происхождении. Если она была заимствована из философии Физики прошлого, и если более глубокий анализ физики нашего времени сделал новую философию желательной, не должна ли биология также пересмотреть свое понимание ее описаний? Ибо биология стоит на месте не больше, чем Физика, и физиология наших дней стала иной, чем в те времена, когда зарождалась механистическая философия жизни.

Эмбриологи и натуралисты нашего поколения изучали *весь организм в целом* в его нормальном функционировании и поведении и получили результаты, которые нелегко понять как физико-химический механизм. Жизнь - это не деятельность организма, а интеграция деятельности организма, точно так же, как Реальностью для физики являются не атомы и молекулы грубой материи, а их интеграция в космическом эфире.

Таким образом, это все, что мы подразумеваем под философией биологии — попытка понять описания Науки в свете ее более поздних исследований. Философию в академическом смысле мы не рассматривали в связи с предметом нашей науки, хотя в классических системах есть многое, что представляет всепоглощающий интерес даже для работающего исследователя девятнадцатого века. Однако биологическое образование не таково, чтобы предрасполагать человека к этим исследованиям. Читатель поймет, что точка зрения и методы лечения, принятые в этой книге, совпадают с теми, что были предложены Дришем и Бергсоном, даже если на них нет ссылок. Возможно, он оценит это ограничение, поскольку под влиянием современного научного образования он может быть склонен относиться к философии так же, как Марк Твен относился к своей египетской мумии: если ему суждено получить труп, пусть он будет действительно свежим.

Джей Джей

ливерпуль

Ноябрь 1913 года

Содержание

ГЛАВА I

Страница

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ МИР¹

Аргумент.—Сознательный организм - это тот, который действует. Его восприятие внешнего мира является не просто результатом раздражений, оказываемых этим миром на его органы чувств, поскольку он полностью осознает только те раздражители, которые приводят к целенаправленной телесной активности. Это осознание внешнего мира, на который он воздействует, и есть восприятие организма. Его сознание представляет собой интенсивную множественность. Это многообразие произвольно отделяется, для удобства, ментальной организацией, которая придает протяженность, величину и последовательность тем аспектам сознания, которые она произвольно отделяет друг от друга. Наше представление о пространстве является интуитивным и зависит от способов физической нагрузки. Наши представления о движении и непрерывности также интуитивны, и они не могут быть представлены интеллектуально, но мы можем приблизиться к ним с помощью методов бесконечно малого исчисления. Математическое время - это всего лишь серия стандартных событий, которые подчеркивают нашу продолжительность. Продолжительность - это

накопленное существование и опыт организма. Мы не можем интеллектуально доказать, что существует мир, внешний по отношению к нашему сознанию, но то, что этот мир существует, является интуитивным убеждением.

ГЛАВА II

ОРГАНИЗМ КАК МЕХАНИЗМ⁴⁹

Аргумент.—Если организм является физико-химическим механизмом, то его деятельность должна соответствовать двум принципам энергетики: закону сохранения энергии и вещества и закону увеличения энтропии. Они строго соответствуют закону сохранения. Закон деградации энергии справедлив для нашего опыта взаимодействия с неорганической природой, но мы можем показать, что он не может быть универсально верным. Неорганические процессы необратимы, и они протекают только в одном направлении, и в них энергия разлагается. Органические процессы, то есть процессы, протекающие в обобщенном организме, необратимы; или, по крайней мере, существует тенденция к их протеканию без необходимого рассеивания энергии.

ГЛАВА III

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОРГАНИЗМА⁸³

Аргумент.—Если организм исследовать методами физической и химической науки, то ничего, кроме физико-химической активности, обнаружить невозможно. Это обязательно так, поскольку используются методы, которые дают только физико-химические результаты. Физиолог проводит анализ деятельности организма и сводит эту деятельность к определенным категориям; хотя все попытки полностью описать функционирование организма исключительно в терминах физических и химических реакций терпят неудачу. В дополнение к реакциям, которые составляют функционирование органа или органной системы, существует направление и координация этих реакций. Отдельные физико-химические реакции, происходящие в функционировании организма, интегрированы, и жизнь - это не только эти реакции, но и их интеграция.

ГЛАВА IV

ЖИЗНЕННЫЙ ИМПУЛЬС¹²⁰

Аргумент.—Понятие организма как физико-химического механизма является выводом из методов физиологии, а не из ее результатов. Понятие витализма является естественным или интуитивным. Исторические системы витализма предполагали существование духовной силы в организме или формы энергии, которая была характерна для жизнедеятельности организма. Современные исследования не подтверждают ни то, ни другое убеждение. Но изучение организма в целом, то есть изучение процессов развития или изучение организма, действующего как единое целое, дает логическое опровержение чистого механизма. Это показывает, что не может быть функциональности в математическом смысле между неорганическими факторами, влияющими на весь организм, и поведением или функционированием всего организма. Механизм предполагается только при изучении изолированных частей организма. Мы вынуждены верить, что в деятельности организма

действует некая сила, которая не действует при чисто неорганическом становлении. Это Жизненный импульс Бергсона или Энтелехия Дриша.

ГЛАВА V

ИНДИВИДУУМ И ВИД¹⁶²

Аргумент.—Концепция органического индивидуума является произвольной и удобна только для целей описания. Жизнь на Земле целостна. Личность - это интуиция сознательного организма о том, что он является центром действия и что вся остальная вселенная находится относительно него. Индивидуальный организм, рассматриваемый объективно, представляет собой изолированную, автономную совокупность, способную к неограниченному росту путем диссоциации, дифференциации и реинтеграции. Этот рост и есть воспроизводство. Отделившаяся часть воспроизводит форму и способ функционирования индивидуального организма, из которого она произошла. Потомство отличается от родительского организма, но оно напоминает его гораздо больше, чем отличается от него. Следовательно, в природе существуют категории организмов, особи которых похожи друг на друга больше, чем на особей, принадлежащих к другим категориям: это элементарные виды. Гипотезы наследственности являются корпускулярными и основаны на физической аналогии молекул и атомов. Концепция вида логична. Организм - это фаза эволюционного потока, и представление о виде достигается путем остановки этого потока.

ГЛАВА VI

ТРАНСФОРМИЗМ²⁰⁸

Аргумент.—Обоснованная классификация организмов предполагает, что процесс эволюции имел место. Это предполагает логические отношения между организмами, в то время как результаты эмбриологии и палеонтологии предполагают хронологические отношения. Однако это родство организмов может быть только логическим, а не материальным. Возможно, где-то и произошла эволюция, но можно утверждать, что идеи о видах породили друг друга в Творческой Мысли. Но трансформизм может быть получен экспериментальным путем, и поэтому наука приняла механистическую гипотезу о природе этого процесса. Трансформизм видов зависит от возникновения вариаций, но они возникают спонтанно и независимо друг от друга, и они должны быть скоординированы. Эта координация вариаций не может быть работой окружающей среды. Вариации накапливаются, и они проявляют направление, и это направление либо случайно, либо является выражением импульса или направляющего фактора в самом изменяющемся организме. Проблема причины вариации - это всего лишь псевдопроблема.

ГЛАВА VII

ЗНАЧЕНИЕ ЭВОЛЮЦИИ²⁴⁵

Аргумент.—Если мы предполагаем существование эволюционного процесса, результаты морфологии, эмбриологии и палеонтологии должны позволить нам проследить направления,

которым следовал этот процесс. Но эти результаты все еще настолько неопределенны, что указывают лишь на несколько основных направлений трансформизма. Филогенетические деревья в значительной степени предположительны в вопросах деталей. Эволюция привела к созданию нескольких доминирующих групп организмов — метатрофных бактерий, хлорофиллиевых организмов, членистоногих и позвоночных. Каждая из этих групп демонстрирует определенные признаки морфологии, энергетической трансформации и поведения; и в каждой из групп сосредоточена определенная комбинация признаков. Но у всех организмов, возникших в ходе эволюционного процесса, есть общность признаков. Преобразование кинетической энергии в потенциальную характерно для хлорофиллиевых организмов. Использование потенциальной энергии и преобразование ее в кинетическую энергию регулируемой активности организма посредством сенсомоторной системы характерно для животного. Бактерии доводят до предела энергетические преобразования, начатые в тканях растений и животных. Неподвижность и бессознательность характеризуют растение, подвижность и сознание — животное. Животные выделяют два типа действий — разумные действия и инстинктивные действия. Инстинктивная активность включает в себя привычное осуществление способов действия, которые были унаследованы. Разумная деятельность включает в себя использование способов действия, которые не передаются по наследству, но которые приобретаются животным в течение его собственной жизни и являются результатом восприятия, которое показывает животному, что его деятельность связана с внешней средой.

ГЛАВА VIII

ОРГАНИЧЕСКОЕ И НЕОРГАНИЧЕСКОЕ 289

Аргумент. Строго механистическая гипотеза эволюции вынуждает нас рассматривать органический мир и неорганическую среду, с которой он взаимодействует, как физико-химическую систему. Следовательно, все стадии эволюционного процесса должны быть одинаково сложными: это просто фазы, или перегруппировки, элементов трансформирующейся системы. Физика, на которой основывались эти механистические гипотезы, представляла собой прерывистую, гранулированную ньютоновскую вселенную, то есть такую, которая состоит из дискретных частиц, или точек массы, притягивающих или отталкивающих друг друга с помощью сил, зависящих от расстояний между ними. Это была пространственно протяженная система частей. Следовательно, на всех стадиях эволюционного процесса или одного из этапов индивидуального развития элементы системы представляют собой обширное многообразие, и обязательство механистических гипотез эволюции принимать эту точку зрения сформировало современные теории наследственности. Жизнь — это интенсивное многообразие, но в индивидуальной или расовой эволюции это интенсивное многообразие становится экстенсивным многообразием. Жизнь — это совокупность тенденций, которые могут сосуществовать, но которые не могут быть полностью проявлены в одной и той же материальной совокупности, поэтому эти тенденции разъединяются в эволюционном процессе. В этой диссоциации есть направление и координация, которые являются Жизненным Импульсом Бергсона или Энтелехией Дриша.

Энтелехия — это элементарная сила в природе, которую мы вынуждены постулировать из-за отказа механизма. Это не дух и не форма энергии, а направление и координация энергий. Существует признак или направление неорганических процессов, которое абсолютно характеризует процессы, поддающиеся анализу физико-химическими методами исследования,

и результатом этого направления неорганических процессов является материальная инерция. Однако это направление не может быть универсальным: его нужно избегать где-то во вселенной. Организм избегает его.

Проблема природы жизни - это всего лишь псевдопроблема.

ПРИЛОЖЕНИЕ

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ³⁴²

Бесконечность и понятие предела. Функциональность. Частотные распределения и вероятность. Материя, сила, масса и инерция. Преобразования энергии. Изотермические и адиабетические преобразования. Двигатель и цикл Карно. Энтропия. Инертная материя.

ИНДЕКС³⁷⁷

ФИЛОСОФИЯ БИОЛОГИИ

ГЛАВА I КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ МИР

Давайте предположим, что мы идем по улице в оживленном городе; что мы знакомы с ней и со всеми вещами, которые обычно можно увидеть в ней, так что наше внимание вряд ли привлечет что-то необычное; и давайте далее предположим, что мы думаем о чем-то интересном, но не сложном с интеллектуальной точки зрения. В этих обстоятельствах все достопримечательности города и вся суматоха уличного движения не производят на нас впечатления, хотя мы, в некотором роде, осознаем все это. Электрические трамваи приближаются и удаляются со скрежетом; проезжает такси, и мы слышим рев двигателя и гудок клаксона и чувствуем запах горелого масла; по улице проезжает экипаж, и мы слышим ритмичный топот лошадиных копыт и звон колокольчиков; мы проходим мимо цветочного магазина и замечаем цвет цветов и их аромат; в кафе оркестр играет “рэгтайм”. Здесь есть полицейские, разносчики, зеваки, дамы в ярких платьях и шляпках, мальчишки-газетчики, толпа людей самых разных характеров. Все это поток переживаний, который мы обычно осознаем без анализа или внимания, и это поток, который ни на мгновение не бывает совершенно одинаковым, ибо все в нем тает и перетекает во все остальное. Шум трамваев не прекращается, но время от времени он становится громче; музыка оркестра незаметно проникает в наши уши и так же незаметно затихает; запах цветов остается после того, как мы проходим мимо магазина, и мы не замечаем, когда перестаем его осознавать; ритм рэгтайма продолжает раздражать и после того, как мы перестаем слышать группу - все чувственные впечатления, которые мы получаем, тают и перетекают друг в друга и составляют наш поток сознания, и это меняется от момента к моменту без перерыва или разрывности. Это не состояние “чистого ощущения”, но оно настолько близко к тому, что мы можем испытать в нашей взрослой интеллектуальной жизни.

Легко обнаружить, что на улице, должно быть, произошло много вещей, которые не повлияли на наше полное сознание. Впоследствии мы можем узнать, что прошли мимо нескольких друзей,

не узнав их; мы можем прочитать в газетах о событиях, которые мы могли бы видеть, но которых не видели; мы можем думать, что знаем улицу довольно хорошо, но обнаруживаем, что нам трудно вспомнить названия трех соседних магазинов на ней; если нам случается увидеть фотографию, сделанную в то время, когда мы проходили по улице, мы обычно удивляемся, обнаружив, что там было много вещей, которых мы не видели. Почему же тогда так много того, что могло бы быть воспринято нами, на самом деле не было воспринято? Мы не можем сомневаться в том, что все, что попадало в поля зрения наших глаз, должно было влиять на окончания зрительных нервов в сетчатке; сложные возмущения воздуха на улице, должно быть, приводили в движение наши барабанные перепонки; и все пахучие частицы, вдыхаемые нашими ноздрями, должны были стимулировать обонятельные слизистые оболочки. Во всех этих случаях стимуляция рецепторных органов должна была инициировать нервные импульсы, и они должны были распространяться по чувствительным нервам и должны были достигать мозга, воздействуя там на массы нервных клеток. Ничто в физиологии, по-видимому, не указывает на то, что мы можем подавлять активность рецепторов восприятия расстояния, зрительных, слуховых и обонятельных, с их центральными связями в мозге; они, должно быть, функционировали и должны были подвергаться физическому воздействию событий, происходивших вне нас, и все же мы были бессознательны, в полном смысле этого термина, ко всей этой активности. Почему же тогда наше восприятие было настолько меньшим, чем фактическое физическое восприятие внешних раздражителей, которое мы должны постулировать как имевшее место? Шерлок Холмс сказал бы, что мы действительно видели и слышали все эти вещи, хотя и не наблюдали их, но полное объяснение предполагает гораздо более тщательное рассмотрение феноменов восприятия, чем указывает это высказывание.

Конечно, нет никаких сомнений в том, что мы действительно видели, слышали и обоняли все то, что происходило на улице во время нашего бесцельного блуждания, то есть все то, что происходило настолько, что могло воздействовать на наши органы чувств. Это верно, если под зрением, слухом и обонянием мы подразумеваем просто стимуляцию нервных окончаний органов зрения, слуха и обоняния и проведение в мозг настроенных таким образом нервных импульсов. Но простая стимуляция - это лишь часть полноценной деятельности мозга; стимул, передаваемый оторганов-рецепторов, должен вызывать какую-то физическую активность, если он должен повлиять на наш поток сознания. Стимуляция рецепторного органа и центрального ганглия вызывает два основных вида активности: (1) те, которые мы называем рефлекторными действиями, и (2) те действия, которые мы признаем результатом обдумывания. Теперь мы должны рассмотреть, какие процессы задействованы в этих видах нервно-мышечной активности.

Термин "рефлекторное действие" - это тот, который обозначает скорее схему сенсомоторной активности, чем все, что на самом деле происходит в организме животного; это концепция, которая полезна как средство анализа сложных явлений. При рефлексе происходят три вещи: (1) стимуляция рецепторного органа и нерва, соединяющего его с мозгом, (2) отражение, или шунтирование, нервного импульса, инициированного таким образом, отконца *ad quem* афферентного или чувствительного нерва к окончанию *a quo* эфферентного или двигательного нерва и (3) стимуляция некоторого эффекторного органа, скажем, двигательного органа или мышцы, нервным импульсом, инициированным таким образом. Возможно, простейшим случаем рефлекса является быстрое смыкание век, когда что-то, скажем, несколько капель воды, попадает в лицо. Сформулированный так, как мы его сформулировали, простого рефлекса не существует. Во-первых, это концепция, основанная на структурном анализе сложного

животного, где тело дифференцируется с образованием тканей — рецепторных органов, нервов, мышц, желез и так далее. Но простейшее животное, *паразиты*, например, реагируют на внешний стимул каким-либо видом физической активности, и все же это гомогенный или почти гомогенный фрагмент протоплазмы, и эта простая протоплазма действует одновременно как рецепторный орган, проводящая ткань или нерв и эффекторный орган. У высших животных определенные части кожного покрова дифференцированы таким образом, что образуют органы зрения, и порог их чувствительности к световым раздражителям повышен, в то время как для других видов физических раздражителей он понижен. Аналогичным образом другие части кожного покрова модифицируются для восприятия слуховых раздражителей, становясь более восприимчивыми к ним, но менее восприимчивыми к другим видам раздражителей, чем соседние части тела. Внутри самого организма определенные участки протоплазмы дифференцированы таким образом, что они могут проводить молекулярные нарушения, возникающие в рецепторных органах кожного покрова, лучше, чем обычная протоплазма; это нервы. Другие части модифицированы таким образом, что они могут легче сокращаться или выделяться; это мышцы и железы. Концепция рефлекторного действия, как это обычно излагается в книгах по физиологии, следовательно, включает идею дифференциации тканей, но все процессы, которые включены в типичный рефлекс, являются процессами, которые могут выполняться недифференцированной протоплазмой.

Это также схематическое описание, предполагающее простоту, которой на самом деле не существует. Как правило, рефлекс инициируется стимуляцией более чем одного рецепторного органа, и инициированные таким образом импульсы могут достигать центральной нервной системы более чем по одному пути. Не существует простого шунтирования афферентного импульса из клетки, в которой он заканчивается, в другой нерв, когда он становится эфферентным импульсом; но вместо этого импульс может “двигаться зигзагом” по лабиринту путей в головном или спинном мозге, соединяющих вместе афферентные и эфферентные нервы и ганглии. Кроме того, заключительная часть рефлекса, мышечное сокращение, далеко не простая вещь, поскольку обычно стимулируется сокращение ряда мышц, каждая из которых сокращается в нужное время и с нужным усилием, и каждое сокращение мышцы сопровождается расслаблением мышцы-антагониста. Есть мышцы, которые открывают веки, и другие, которые их закрывают, и мозговой импульс, который заставляет леваторы сокращаться, в то же время заставляет депрессоры расслабляться.

Совершенно необходимо помнить, что простой рефлекс на самом деле представляет собой процесс большой сложности и может включать в себя множество других частей и структур, отличных от тех, на которые мы непосредственно направляем наше внимание. Но оставляя в стороне эти уточнения, мы можем с пользой рассмотреть общие характеристики рефлекса, рассматривая его как обычное, автоматически выполняемое ограниченное телесное действие, включающее рецепторный орган, центральный нервный орган и эффекторный орган. Существуют определенные виды внешних раздражителей, которые постоянно воздействуют на наши органы чувств, и есть определенные виды мышечной и железистой активности, которые происходят “как само собой разумеющееся”, когда эти раздражители попадают на наши органы чувств. От запаха лука или паров аммиака у нас слезятся глаза; запах пикантной пищи вызывает выделение слюны; а все, что очень быстро приближается к лицу, заставляет нас закрывать глаза. Рефлексы - это, в некотором смысле, часто встречающиеся, целенаправленные и полезные действия, и их целью является поддержание нормального состояния функционирования организма.

Вряд ли мы осмелимся сказать, что простой рефлекс является бессознательно выполняемым действием, хотя мы и не осознаем в полном смысле этого слова рефлексов, которые обычно имеют место в нас самих. Но даже у обезглавленной лягушки, которая шевелит конечностями, когда ей на спину помещают каплю кислоты, может вспыхнуть нечто, как было сказано, сродни сознанию, которое активизирует автоматическую деятельность спинного мозга. Мы не должны думать о сознании как о том состоянии обостренной психики, которое мы испытываем при выполнении какой-то трудной задачи, или при каком-то остро оцениваемом удовольствии, или при каком-то состоянии умственного или физического расстройства; это также то смутно ощущаемое состояние нормальности, которое сопровождает удовлетворительное функционирование частей физического организма. Но это смутное чувство осознания наших действий легко подавляется всякий раз, когда происходит то, что мы называем интеллектуальной деятельностью.

Большая часть стимуляции наших рецепторных органов носит этот обычный характер, и мы не осознаем этого, хотя получаемые стимулы таковы, что вызывают полезную и целенаправленную активность организма. Идя по улице, мы автоматически избегаем людей и других препятствий, с которыми сталкиваемся, посредством регулируемых движений тела и конечностей, но это занятие стало настолько привычным и легким, что мы едва осознаем его и, возможно, совсем не осознаем физические стимулы, которые его вызывают. Но мы не только получаем стимулы, которые отражаются в телесных действиях без того, чтобы мы остро осознавали это восприятие, но мы также получаем стимулы, которые не отражаются в телесной активности. Бергсон предполагает, что это похоже на то, как если бы мы смотрели на улицу через лист стекла, удерживаемый перпендикулярно линии нашего зрения; удерживаемый таким образом, мы прекрасно видим все, что происходит перед нами, но когда мы наклоняем стекло под определенным углом, оно становится идеальным отражателем и снова отбрасывает лучи света, которые оно получает. Это, конечно, физическая аналогия, и никакое сравнение материальных вещей с психическими процессами не может зайти слишком далеко, но в каком-то смысле это больше, чем аналогия. В нашем ленивом, поглощенном состоянии ума мы, как правило, не видим объектов, которых мы не вынуждены избегать и которые никоим образом не влияют на наше непосредственное состояние физической активности. Оптические изображения всех этих вещей отбрасываются на нашу сетчатку и тем или иным образом отбрасываются или проецируются на центральные ганглии, но на этом серия событий заканчивается, поскольку изображения не отражаются к периферии тела в виде мышечных действий. Мы не можем сомневаться, что именно поэтому мы не воспринимаем всю стимуляцию наших органов чувств, которая, как мы уверены, имеет место. Эти стимулы как бы проходят через нас, если только они не отражаются снова в виде действий. В этом отражении, или переводе нейтрального в мышечную активность, возникают восприятия.

Но даже тогда восприятие не обязательно возникает. Оно, как правило, не сопровождает автоматически выполняемое рефлекторное действие, поскольку последнее является результатом внутримозговой деятельности, которая стала настолько привычной, что протекает *без трений*. В мозге существует бесчисленное множество путей, по которым импульсы от рецепторных органов могут проходить в двигательные узлы, но при привычно выполняемых рефлекторных действиях эти пути, так сказать, проторены. Образы объектов, которые снова и снова воспринимаются рецепторными органами, легко скользят по мозгу и так же легко преобразуются в мышечную или какой-либо другой вид деятельности. Вещи, которые имеют значение в жизни животного, живущего “в соответствии с природой”, - это циклически

повторяющиеся события, в которых по прошествии времени нет ничего нового. Большинство из них протекают так же хорошо у животного, лишенного своих полушарий головного мозга в результате операции, как и у интактного животного с мозгом. При выполнении действий такого рода организм становится в значительной степени автоматом.

Пусть что-то необычное произойдет на улице, пока мы идем по ней — например, сбежавшая лошадь или упавший над головой провод под напряжением, что-то, что редко или никогда не было частью нашего опыта, и что-то, что может оказать непосредственное влияние на нас как на живые организмы. Тогда восприятие возникает сразу, потому что стимуляция наших органов чувств представляет нам нечто незнакомое, и все же не настолько незнакомое, чтобы оно не вызывало из памяти или из полученного опыта реминисценций образов в чем-то похожих вещей и их последствий. Последовательность событий, которая сейчас протекает в нашей центральной нервной системе, радикально отличается от той, которая протекала в нашей прежней, довольно бесцельной, серии действий. Стимулы больше не проходят легко через “нижние” ганглии мозга, а устремляются вверх, в области коры, где они сталкиваются с возможностью бесчисленных альтернативных путей и связей со всеми частями тела. Они, так сказать, колеблются, прежде чем избрать тот или иной путь или комбинацию этих путей; происходит колебание, обдумывание и, наконец, выбор пути, в результате чего ряд мышечных органов становится иннервируемым и устанавливаются двигательные действия, более или менее соответствующие ситуации, в которой мы находимся. В этом колебании и обдумывании возникает восприятие. Именно тогда, когда животное может действовать определенным образом в результате стимула, который не является постоянно повторяющимся, но в то же время может воздерживаться от действий или может действовать одним из нескольких различных способов, возникает восприятие внешних вещей и их отношений.

То есть мы воспринимаем и думаем, потому что действуем. Мы не смотрим на окружающую среду, в которую мы помещены, умозрительно, просто воспринимая образы вещей, классифицируя и запоминая их, в то время как все это время мы пассивны в том, что касается нашей телесной деятельности. Если результаты современной физиологии и учат нас чему—либо недвусмысленным образом, то они учат нас вот чему: органы деятельности, мышцы, железы и так далее, а также органы чувств и коммуникации, по сути, представляют собой единый ряд частей, и что, помимо двигательной активности, нервная активность - это бесцельное явление. Именно потому, что мы действуем, мы думаем и распутываем образы вещей, представленные нам нашими органами чувств, и подвергаем все, что находится в потоке сознания, концептуальному анализу.¹

Иными словами, размышляя о потоке сознания, мы разлагаем его на то, что считаем его составными частями, и наделяем эти части отдельным существованием в пространстве и времени. Но ясно, что ни одна из вещей, которые мы таким образом рассматриваем как элементы нашего сознания, не имеет какого-либо реального существования отдельно от других. Запах цветов и горелого масла проникают в наше осознание стимуляции наших органов обоняния точно так же, как звон колокольчиков такси, музыка оркестра и гул мотора автомобиля проникают в впечатления, передаваемые нашими органами слуха. Трудно понять, что все эти вещи вместе со множеством других вещей, которые мы воспринимаем, составляют “множественность в единстве”, то есть совокупность вещей, которые являются отдельными вещами, но которые не лежат рядом друг с другом в пространстве и взаимно исключают друг друга, но которые все, так сказать, втиснуты друг в друга. Легко видеть, что мы осознаем

неоднородность, и всякий раз, когда мы думаем об этом множестве вещей, кажется естественным, что мы должны отделять их друг от друга. Поток нашего сознания настолько сложен, что мы не можем уделить внимание всему этому сразу, даже тем немногим вещам, которые мы выделили в нашем примере. Если мы концентрируем наше внимание на какой-либо ее части или, скорее, аспекте, все остальное перестает существовать, или, скорее, мы соглашаемся игнорировать это, и сама эта концентрация мысли на одной части нашего опыта изолирует ее от всего остального. В определенной степени анализ комплекса ощущений является результатом работы различных рецепторных органов; определенные энергетические поля, которые мы называем светом, излучением и т.д., воздействуют на нервные окончания сетчатки; химически активные частицы в атмосфере воздействуют на нервные окончания обонятельных мембран; а быстро повторяющиеся изменения давления в атмосфере (звуковые колебания) воздействуют на органы слуха во внутреннем ухе и так далее. Но такое восприятие различных раздражителей различными рецепторными органами существует только у высших животных; например, в *Парамикулах* нет специализированных органов чувств, и вся периферия животного должна воспринимать все эти различные виды внешних раздражителей одновременно. Специализация органов восприятия у высших животных - это скорее средство, с помощью которого организм становится более восприимчивым к окружающей среде, чем средство, с помощью которого он анализирует эту среду. Этот анализ является работой сознания животного.

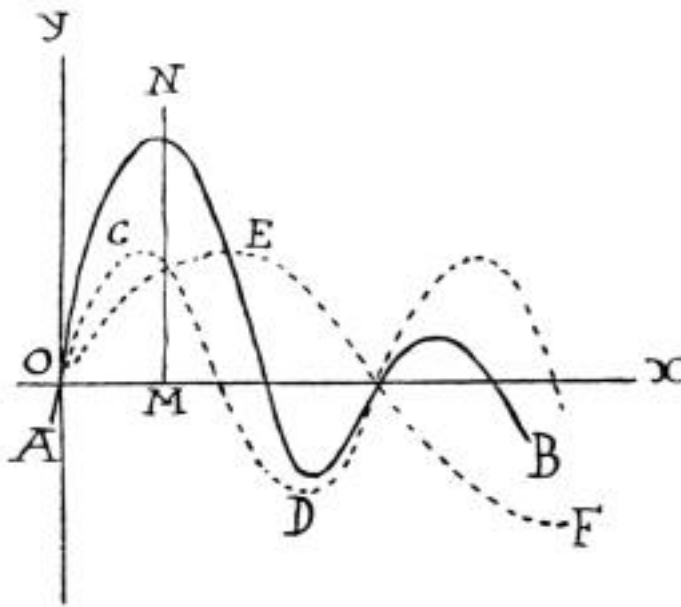
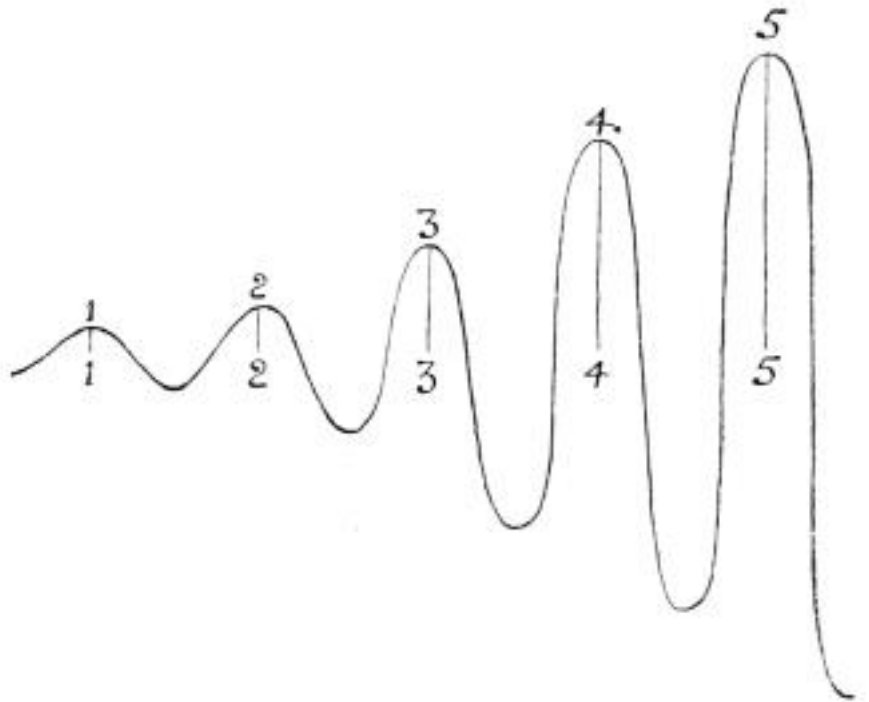


Рис. 1.

Предположим, что мы рисуем кривую AB от руки одним неразделенным взмахом карандаша. Сделав определенное предположение — что кривую, которую мы нарисовали, можно рассматривать как циклическую, то есть она может повторяться снова и снова, — мы можем подвергнуть ее гармоническому анализу. Мы можем разложить его на ряд других кривых (CD , EF и т.д.), Каждая из которых представляет собой отдельную “волну”, симметрично поднимающуюся выше и опускающуюся ниже оси OX . Если мы проведем любую вертикальную линию, MN пересекающую эти кривые, мы обнаружим, что расстояние между осью OX и главной кривой AB всегда равно алгебраической сумме расстояний между осью и другими

кривыми. Эти последние мы называем гармоническими составляющими кривой AB , предполагая, что они “складываются” таким образом, чтобы образовать ее. Но AB был чем-то довольно простым и элементарным, и нельзя сказать, что его составляющие существовали в нем, когда мы рисовали его от руки; мы *сконструировали* их только с помощью хитрости, имеющей практическое значение при математических вычислениях. Конечно, может быть, что гармонические составляющие кривой действительно существовали отдельно от самой кривой, но в том случае, который мы рассматриваем, они определенно не существовали. Теперь мы должны думать о нашем потоке сознания примерно таким же образом. Это нечто непосредственно переживаемое и элементарное; это сопутствующее, если мы решим так расценивать это, внешним процессам, которые протекают вне наших тел. Мы можем исследовать это, думая о нем и обращая внимание на один его аспект за другим, таким образом произвольно отделяя одну его “часть” от всех остальных, но как только мы делаем это, мы поднимаемся над потоком опыта в область интеллектуальных концепций. Мы преобразовали множество состояний сознания, все из которых сосуществуют друг с другом и друг в друге и которые не имеют пространственного существования, во множество состояний зрительных, слуховых, обонятельных и т.д., которые отделились друг от друга и, следовательно, приобрели протяженность. Эта диссоциация потока опыта является процессом концептуального анализа, осуществляемого мыслью.

Если мы диссоциируем поток сознания таким образом, разбивая его на состояния, которые мы предпочитаем рассматривать как отдельные друг от друга, мы увидим, что из элементов, которые мы таким образом выделяем, многие похожи друг на друга и могут быть ассоциированы. Очевидно, что между разными запахами больше сходства, чем между запахами и звуками. Разные музыкальные звуки больше похожи друг на друга, чем звуки и ощущения тепла и холода. Существует большее сходство между состояниями сознания, которые возникают в результате стимуляции одного и того же рецепторного органа, чем между теми, которые возникают в результате стимуляции разных рецепторов. Те различия в ощущениях, которые сопровождают стимуляцию различных органов чувств, мы рассматриваем как разные по своему характеру; мы говорим, что между цветом и звуком нет абсолютно никакого сходства, сколько бы современный аннотант концертных программ ни предлагал аналогий. Но мы говорим, что могут быть разные степени стимуляции одного и того же органа чувств и что ощущения, которые мы таким образом получаем, одного и того же рода, хотя и различаются по интенсивности. Свист железнодорожного локомотива становится громче по мере приближения поезда, то есть более интенсивным, и если мы изучим физические условия, которые сопровождают стимуляцию наших барабанных перепонки, мы увидим, что в атмосфере за пределами наших ушей возникают волны попеременного разрежения и сжатия. Все время, пока поезд приближается, частота этих волн остается неизменной, то есть за секунду возникает столько же волн, когда поезд находится вдали, сколько и когда он находится рядом. Но амплитуда волн увеличивается, и скорость, с которой молекулы воздуха ударяются о барабанные перепонки, становится тем



больше, чем ближе источник звука.

Рис. 2. Мы можем представить это с помощью диаграммы, которая показывает, что амплитуда волн, которая представляет громкость звука, увеличивается, в то время как частота, которая представляет высоту звука, остается неизменной. Амплитуда представлена прямыми вертикальными линиями 11, 22, 33 и т.д., которые имеют возрастающую величину. Таким образом, мы представляем физическую причину увеличения громкости звука с помощью пространственных величин, а затем переносим эти величины на состояния сознания, сопутствующие вибрирующим молекулам воздуха. Предположим, что мы вообще ничего не знали о причине различий в высоте музыкальных звуков и что мы слушаем ноты октавы, С, D, E, - С, звучащие органом; все, что мы должны были бы ощутить, это то, что звуки были разными. Если бы мы пели ноты, мы могли бы интуитивно понять, что ноты G, A, B были "выше", чем ноты С, D, E, потому что для того, чтобы произвести эти звуки, требовалось большее усилие, но, очевидно, это совсем другое дело, чем сказать, что сами ноты были "выше" или "ниже". Но давайте подберем ноты, нажимая на камертоны, а затем, выбрав вилки, дающие ноты октавы, закрепим их так, чтобы они, продолжая вибрировать, воспроизводили рисунок на вращающейся полоске бумаги. Затем мы обнаружим, что вилка, издающая ноту С, совершает (скажем) 256 колебаний в секунду, вилка D $9/8$ 256 колебаний, вилка E $5/4$ 256 колебаний и так далее. Таким образом, мы связываем ноты октавы вместе и говорим, что их качество было одинаковым, но их высота различалась, а поскольку высота зависит от частоты вибрации вилки или воздуха поблизости от нее, мы говорим, что различия в высоте носят количественный характер и что состояния сознания, сопровождающие эти физические события, также различаются количественно.

То же самое и с цветом. Если бы у нас не было такого прибора, как призмы или дифракционные решетки, которые позволяют нам определить, какова длина световой волны, должны ли мы иметь какое-либо представление о спектральных оттенках красного, желтого, оранжевого, зеленого и т.д., отличающихся друг от друга количественно? Совершенно очевидно, что мы не должны этого делать. Но наблюдения и эксперимент показали, что нервные окончания зрительного нерва в сетчатке стимулируются вибрациями того, что мы условно называем

пространственным эфиром, и что частота вибрации света, который мы называем красным, меньше, чем у того, который мы называем оранжевым, в то время как частота вибрации оранжевого света снова меньше, чем у синего света, и так далее. Для нашего сознания красный, оранжевый, желтый и синий свет абсолютно различны, но мы игнорируем эту интуицию и говорим, что наши восприятия света схожи по своему характеру, но различаются, причем некоторые из них более интенсивны, чем некоторые другие. Опять же, имеем ли мы какое-либо интуитивное представление о повышении температуры? Если мы опускаем руки в ледяную воду, возникает ощущение боли, если температура воды 5°C . она кажется холодной, если 15°C . мы не особенно чувствуем температуру, если при 25°C . она кажется очень теплой, если при 60° - очень горячей, а если при 90° - мы, вероятно, ошпарились и снова испытываем боль. Если мы поместим термометр в воду, то заметим, что каждое ощущение по очереди связано с постепенным удлинением ртутной нити, а если мы исследуем физическое состояние воды, то обнаружим, что на каждой стадии скорость движения молекул была больше, чем на предыдущей стадии. Итак, мы говорим, что наши различные восприятия были восприятиями тепла разной степени интенсивности, перенося таким образом на сами восприятия представления о пространственных величинах, полученные при изучении расширения ртути в термометре или при принятии физической теории кинетической структуры воды. И все же совершенно очевидно, что то, что мы испытывали, было совершенно разными вещами или условиями, холодом, теплом, жаром и болью, и действительно, в этой серии восприятий задействованы разные органы восприятия.

Предположим, мы слушаем ноту, издаваемую сиреной, которая звучит с медленно увеличивающейся громкостью, но с высотой тона, которая остается постоянной. Сначала мы не замечаем, что звук становится громче, но через некоторое время мы действительно замечаем разницу. Назовем амплитуду вибрации воздуха, когда сирена сначала звучит E , а затем, когда мы заметим разницу, назовем амплитуду $\Delta E + E$, где ΔE является приращением амплитуды. Давайте назовем наше ощущение, когда сирена впервые звучит S , и наши ощущения, когда звук становится громче, $S + \Delta S$, где ΔS является “приращением ощущения”. Тогда имеет место соотношение:—

$$\frac{\Delta E}{E} = \text{постоянная.}$$

То есть, чем громче звук, тем больше должно быть увеличение громкости, прежде чем мы заметим разницу. Давайте предположим теперь, что последовательные ощущения громкости, которые мы получаем по мере того, как сирена звучит все громче и громче, каждое из них на столько же громче предыдущего звука; то есть давайте предположим, что то, что мы испытываем, представляет собой “минимальные ощутимые различия” в ощущениях — что они являются “элементами громкости” - таким образом, мы конструируем серию звуков, каждый из которых отличается от предыдущего элементарным увеличением громкости. Теперь вещи, которые не могут быть далее разложены, обязательно равны друг другу; если, например, атомы представляют собой конечные единицы, на которые мы расщепляем вещество, называемое кислородом, то все эти атомы равны друг другу. Следовательно, приращения громкости равны друг другу.

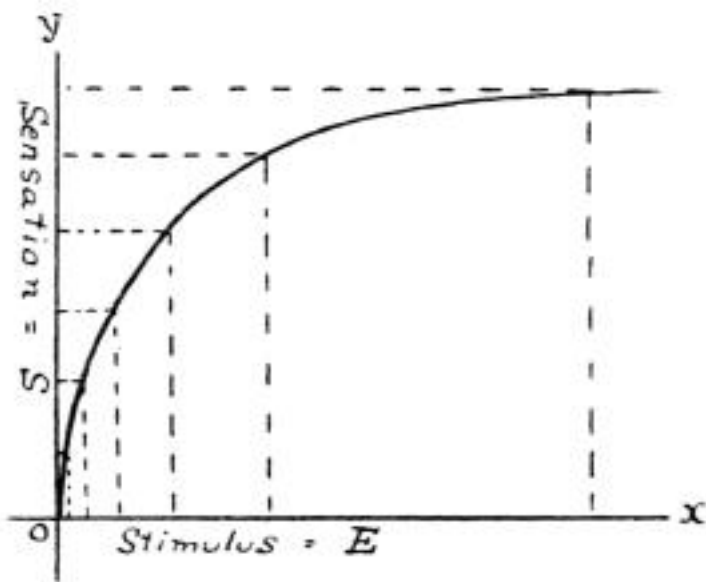


Рис. 3.

Если мы изобразим эти равные приращения громкости как зависимую переменную S на графике, а амплитуду колебаний атмосферы - как независимую переменную E , мы можем получить следующую кривую. Если мы исследуем это, то обнаружим, что существует определенная связь между “значениями” ощущения и значениями соответствующих им стимулов; регулярное увеличение громкости ощущения соответствует регулярному увеличению логарифмов силы стимулов. Пусть S = ощущение, E стимул и константы C и Q ; тогда

$$S = C \log \frac{E}{Q} ;$$

таким образом, мы, по-видимому, устанавливаем математическое соотношение между интенсивностью наших ощущений и интенсивностью стимулов, которые вызывают эти ощущения, но это соотношение зависит от предположения, что то, что мы называем “минимально ощутимыми различиями” ощущений, представляет собой числовые различия, равные друг другу, и это, конечно, предположение, которое невозможно доказать.

Таким образом, мы разлагаем наш поток сознания на ряд количественно и качественно отличающихся вещей, каждой из которых мы придаем независимое существование. Мы приписываем этим различным аспектам нашего сознания расширение, но это расширение обусловлено только нашим анализом; ибо такие качества, как высота звука, громкость, цвет, запах и т.д., которые мы отделяем друг от друга, не существовали отдельно друг от друга, так же как кривые синуса и косинуса, на которые мы разлагаем произвольно проведенную кривую линию. Множественность нашего сознания интенсивна, подобно множественности, которая, как мы видим, существует в абстрактном числе десять. Это число обозначает группу вещей, но его множественность интенсивна и существует только потому, что мы способны мысленно разделить что угодно на неопределенные части. Итак, до сих пор мы разделяли только то, что мы согласны рассматривать как элементарные части нашего общего восприятия окружающей

среды, но следует отметить, что мы не придали этим элементам ничего похожего на пространственное расширение.

Мы можем, если захотим, рассматривать нашу интуицию пространства как интуицию бесконечно большой, однородной, пустой среды, которая окружает нас и в которую мы можем в воображении размещать предметы. При таком рассмотрении трудно понять, чем наше понятие пространства отличается от нашей идеи “ничего”, псевдоидеи, не поддающейся анализу, кроме как идеей чего-то, что могло бы находиться где-то в другом месте. Чем больше мы думаем об этом, тем больше убеждаемся в том, что пространство, то есть “форма” пространства, представляет наши фактические или потенциальные способы движения, то есть наши способности к физической активности. Пространство, как мы говорим, имеет три измерения; во всем нашем анализе вселенной и действий, которые мы можем в ней наблюдать, встречается эта идея движения в трех измерениях: вперед и назад, вверх и вниз, и вправо и влево; и мы должны признать, что в этом есть нечто фундаментальное, такое же фундаментальное, как интуитивное знание, которым мы обладаем о направлении вправо и влево. Именно потому, что мы можем двигаться таким образом, что любое из наших движений, каким бы сложным оно ни было, может быть разделено на компоненты “назад” и “вперед”, “вправо” и “влево”, “вверх” и “вниз”, причем все эти направления находятся под прямым углом друг к другу, мы говорим о наших движениях как о трехмерных. Следовательно, наша геометрия основана на концепциях, выведенных из наших способов деятельности; и во вселенной нет ничего, кроме нашей собственной деятельности, что делало бы эту геометрию единственно возможной для нас. Евклидова геометрия зависит не от строения внешней вселенной, а от природы самого организма.

Существует маленькая инфузория, которая во взрослой фазе живет на поверхности сферических яйцеклеток рыб. Эти яйцеклетки свободно плавают в морской воде, а инфузория ползает по их поверхности, передвигаясь с помощью ресничных отростков. Он не плавает в воде, а плотно прилегает к поверхности яйцеклетки, на которой обитает. Давайте предположим, что это разумное животное и что оно способно построить свою собственную геометрию; если это так, то эта геометрия сильно отличалась бы от нашей.

Это была бы двумерная геометрия, поскольку животное может двигаться назад и вперед, вправо и влево, но не вверх и вниз; это стереотропный организм, как сказал бы Жак Леб, то есть оно *вынуждено* своей организацией плотно прижимать свое тело к поверхности, на которой оно живет. Но его двумерная геометрия, по этой причине, отличалась бы от нашей. Наши прямые линии на самом деле являются *направлениями*, по которым мы перемещаемся из одной точки в другую таким образом, чтобы прилагать наименьшие усилия; это кратчайшее расстояние между двумя точками, и если мы отклоняемся от них, то проявляем большую активность, чем если бы двигались вдоль них. Для нас существует только одна прямая, которую можно провести между двумя точками, но это не обязательно верно для нашей инфузории, и ее прямая не обязательно должна быть кратчайшим расстоянием между двумя точками. Это может быть либо самое длинное, либо самое короткое расстояние между точками, поскольку последнее всегда можно поместить на большой окружности, проходящей через две точки и полюса яйца, и, двигаясь от точки, на которой оно находится, животное могло бы достичь другой точки, двигаясь в двух направлениях, точно так же, как мы могли бы обогнуть землю по экватору, двигаясь на восток или на запад. Следовательно, прямая линия инфузории была бы не только скалярной величиной, но и векторной величиной, то есть она представляла бы не только количество

энергии, но и количество энергии, имеющее направление. Для нас только одна прямая линия может быть проведена между двумя заданными точками, но этого ограничения не существовало бы в двумерной геометрии криволинейной поверхности. Предположим, что две точки расположены на большой окружности и что они расположены точно на 180° друг от друга; тогда инфузория могла бы перемещаться от одного полюса к другому по бесконечному количеству прямых линий или меридианов, все из которых имели разное направление, но все они были одинаковой длины; то есть в этой геометрии между одними и теми же двумя точками можно провести бесконечное количество прямых линий. Опять же, его треугольники могли отличаться от наших; наши треугольники представляют собой фигуры, образованные проведением прямых линий между тремя точками, и на плоской поверхности сумма углов треугольника вместе равна двум прямым углам, хотя на изогнутой поверхности они могут быть больше или меньше двух прямых углов. Но наша инфузория не могла представить себе треугольник, в котором сумма углов не превышала бы двух прямых, поскольку все его фигуры были бы нарисованы на выпуклой поверхности.

Следовательно, наша трехмерная геометрия зависит от наших способов деятельности и концепций, с которыми она оперирует; точки, прямые линии и т.д. Являются концептуальными ограничениями этих способов деятельности. Мы можем представить себе прямую линию только как направление, по которому мы можем двигаться, не отклоняясь ни вправо, ни влево, ни вверх, ни вниз. Но даже если мы проведем такую линию на бумаге тонким карандашом, след все равно будет иметь некоторую ширину, и мы можем представить себя достаточно маленькими, чтобы иметь возможность отклоняться вправо или влево в пределах ширины линии, проведенной на бумаге. Мы могли бы сделать очень маленькую отметку на бумаге, но какой бы маленькой ни была эта отметка, она все равно имела бы некоторую величину; в противном случае мы не смогли бы ее увидеть. Если бы прямая линия не имела ширины, а точка - величины, они бы не существовали в восприятии. Наши воспринимаемые треугольники - это не фигуры, углы которых обязательно равны двум прямым углам. Если мы воткнем в поле три трости, а затем измерим углы между ними с помощью секстанта, мы обнаружим, что сумма составляет *почти* 180° , но в целом не такую величину. Если мы воткнем штопальную иглу в головки каждой из тросточек, а затем повторно измерим углы с помощью теодолита, мы получим значения, более близкие к значению двух прямых углов, но мы не должны, за исключением "случайности", получить именно это значение. Следовательно, мы не получаем "теоретического" результата, и мы говорим, что это происходит из-за ошибок наших методов наблюдения; но почему мы предполагаем, что существует такой теоретический результат, от которого отклоняются наши наблюдения, если сами по себе наши наблюдения, как правило, не дают этого идеального результата? Мы могли бы собрать большую серию измерений углов нашего треугольника, и тогда мы обнаружили бы, что эти результаты имели бы тенденцию группироваться симметрично вокруг определенного значения, которое было бы равно 180° . Некоторые результаты были бы значительно меньше идеальных, а некоторые из них были бы значительно больше; но эти относительно большие отклонения были бы невелики по количеству, и большинство результатов были бы чуть меньше 180° или совсем немного больше, и было бы столько же результатов, которые были бы немного меньше, сколько и тех, которые были бы немного больше. Мы должны были сформировать "частотное распределение"² с его "режимом" на 180° .

Но, "рассуждая" о "свойствах" этих прямых и треугольников в плоском двумерном пространстве, мы должны были бы прийти к выводу, что углы треугольника были равны 180° , и

ни больше, ни меньше. Затем мы должны думать о прямой линии как *опути*, по которому мы движемся в воображении, и пути, который все еще имеет некоторую ширину. Но мы представляем, что ширина пути становится все меньше и меньше, так что, даже если мы представим, что становимся все тоньше и тоньше, мы не сможем отклониться ни вправо, ни влево при движении по пути, потому что чем тоньше мы делаем себя, тем тоньше становится и путь. Мы представляем, что наша интуиция относительно отклонения вправо или влево становится все острее и острее, так что, каким бы незначительным ни было отклонение, мы все равно сможем оценить его с помощью дополнительных усилий, которые это потребует. Мы думаем о точке как о маленьком пятнышке, и мы думаем о себе как о действительно очень маленьких существах, так что мы можем передвигаться по этому пятну. Но мы можем уменьшать площадь пятна все больше и больше, пока оно не станет “бесконечно малым”; и в то же время мы думаем о себе, что становимся все меньше и меньше, так что мы все еще можем передвигаться на месте. Но мы думаем о том, что площадь пятна становится настолько маленькой, что независимо от того, насколько маленькими мы сами себя делаем, мы не можем двигаться по нему.

Это означает, что мы заменяем концептуальные линии, точки и треугольники на перцептивные линии нашего опыта, а затем оперируем этими концепциями в воображении. Иными словами, мы доводим наши способы физической активности до их пределов, ³ способом, который мы пытались указать выше, — процессом мышления, который является основой рассуждений бесконечно малого исчисления.

Следовательно, то, что мы называем пространством, зависит от нашей интуиции физического напряжения. Эта интуиция включает в себя знание того, что произошло определенное изменение как следствие расхода определенного количества телесной энергии, и что в результате этого изменения отношение остальной вселенной к нашему телу стало иным. Мы думаем о нашем теле как о начале, или центре, системы координат:-

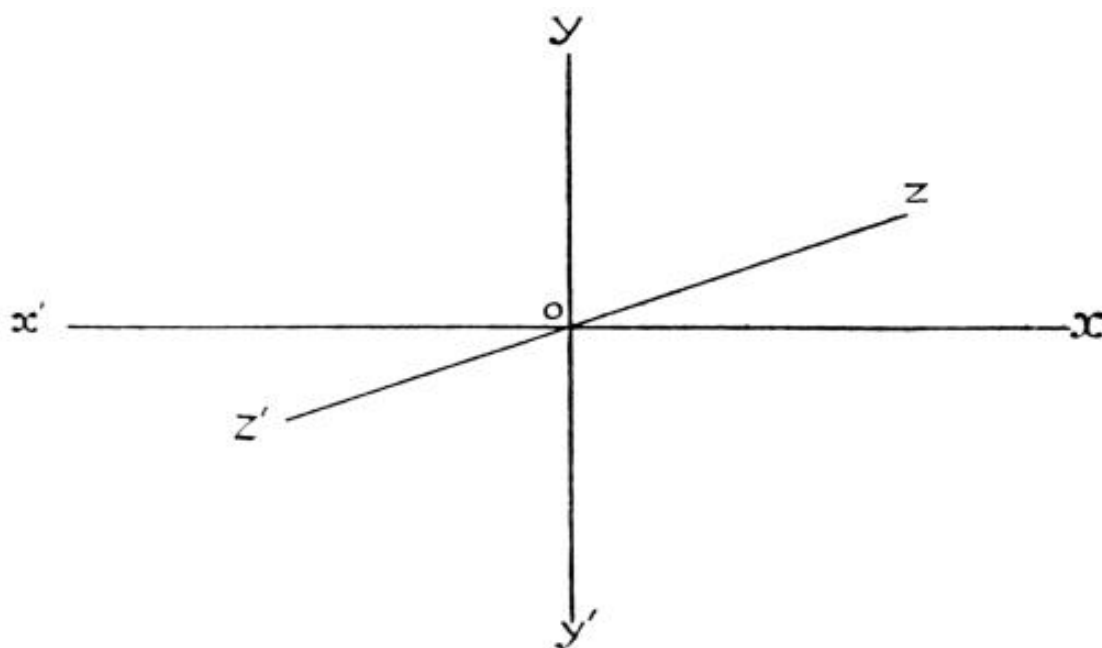


Рис. 4.

Мы представляем себе три линии, расположенные под прямым углом друг к другу и бесконечно простирающиеся в пространство, и думаем о себе, что находимся в точке пересечения этих трех прямых линий. Если что-то движется во вселенной вне нас, мы можем разделить это движение на три составляющие, каждая из которых должна быть измерена вдоль одной из осей нашей системы координат. Но любое движение во вселенной вне нас может быть представлено одинаково хорошо, если предположить, что начало системы координат было изменено; то есть, если предположить, что мы изменили свое положение относительно остальной вселенной. Следовательно, движение вне нас нельзя отличить от противоположного движения нашего собственного тела — утверждение “принципа относительности” — за исключением того, что любое изменение внена нас самих можно отличить от компенсационного изменения положения нашего тела, которое *кажется* одним и тем же, из-за отсутствия интуиции, что мы затратили определенное количество энергии на производство изменения. Сознательное движение нашего собственного тела - это нечто *абсолютное*; все остальные движения относительны.

До сих пор мы говорили о наших грубых телесных движениях, но очень небольшое рассмотрение покажет, что наше знание пространства, полученное с помощью научных измерений, в такой же степени зависит от нашей интуиции относительно нашей телесной активности и ее направления; измерение звездного параллакса или высоты Солнца в меридиане, например, с помощью астрономических инструментов, требует физических усилий, хотя и утонченного рода. Трехмерное пространство, то есть *наше* пространство, следовательно, представляет способ нашей деятельности, точно так же, как выпуклое двумерное пространство представляет способ деятельности инфузории, а одномерное пространство представляло бы способ деятельности животного, которое было вынуждено жить в трубе, стенки которой у него плотно прилегали, так что оно могло двигаться только в одном направлении — вверх и вниз. Паразит, живущий прикрепленным к какому-либо неподвижному объекту, движения которого были представлены только ростом его тканей, не мог сформировать никакого представления о пространстве; а “высшие” формы геометрии, то есть пространство четырех или более измерений, не представляют ясного представления для нашего разума, даже несмотря на то, что мы рассматриваем операции, включенные в математику такого рода, как чистый символизм, потому что мы не можем связать это воображаемое пространство с какой-либо формой физического напряжения. Таким образом, геометрия представляет собой способ, которым наши физические усилия разрезают однородную среду, в которой мы живем.

Движение, будь то движение нашего собственного тела при контролируемой мышечной активности, или то воображаемое движение окружающей среды, которое мы называем головокружением, или чувственно воспринимаемое движение какой-либо части окружающей среды, то есть движение, которое мы можем компенсировать каким-либо действительным или воображаемым изменением положения нашего собственного тела, вызванным нашим собственным усилием, является интуитивно ощущаемым изменением и не поддается интеллектуальному представлению. Это неясно понимается ни в древней, ни в современной геометрии. Евклидова геометрия, как мы видели, основана непосредственно на нашей интуиции физического напряжения, но в основном она статична в лечении. Допустим, что мы можем провести прямую линию любой длины и в любом направлении и так далее; затем мы рассматриваем эти прямые линии и т. Д. Как неподвижные, абстрактные объекты и переходим к обсуждению их взаимоотношений. Декартова геометрия и методы бесконечно малого

исчисления не рассматривают реальное движение, и это понятие, если оно вообще вводится, вводится незаконно и тайно. Подумайте, что мы делаем, когда “строим кривую”. Пусть последняя представляет собой параболу, имеющую уравнение $y = 1/2 x$. Теперь парабола определяется как “местоположение точки, которая *перемещается*, так что ее расстояние от неподвижной точки находится в постоянном отношении к ее расстоянию от неподвижной прямой”. Как нам построить такую кривую?

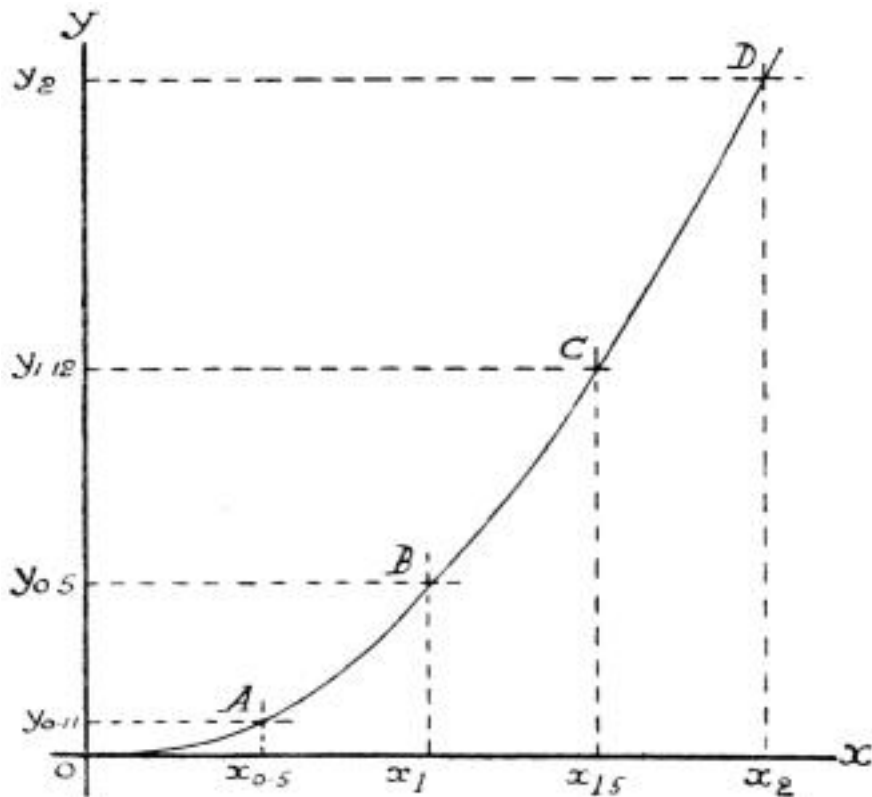


Рис. 5.

Мы продолжаем фиксировать положения ряда точек следующим образом: есть две прямые линии, OX и OY , расположенные под прямым углом друг к другу, и мы отмеряем определенные шаги вдоль линии OX ; эти шаги - $OX_{0.5}$, OX_1 , $OX_{1.5}$, OX_2 , и так далее, маленькие цифры указывают расстояние до каждой точки ($OX_{0.5}$ и т.д.) От начала координат O . Затем мы проводим линии, перпендикулярные *оси* X , через эти точки. Теперь нам нужно вычислить половину квадрата каждой из этих длин $OX_{0.5}$, OX_1 и т.д., а затем мы отмечаем эти вычисленные длины по перпендикулярным линиям. Точка A , например, равна $1/2(0.5)^2$ от точки $X_{0.5}$, B равна $1/2(1)^2$ от X_1 , и так далее. Таким образом, мы получаем ряд точек, A , B , C , D , E и т.д., и это точки в местоположении “движущейся” точки.

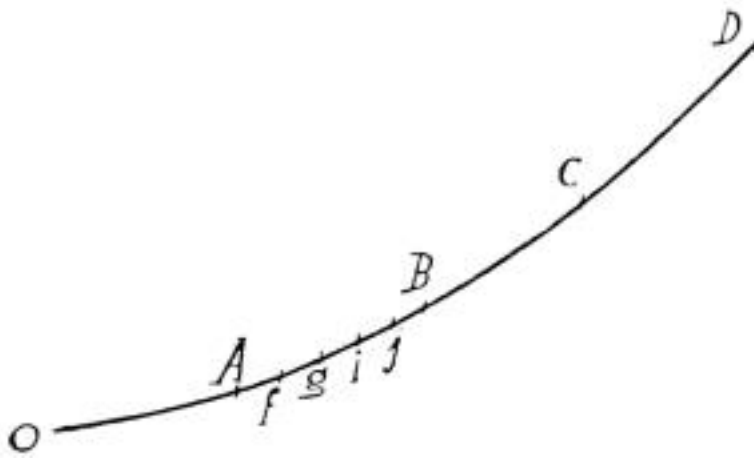


Рис. 6.

Здесь вообще ничего не говорится о движении. Все, что мы сделали, - это измерили длины. Мы создали своего рода контрапункт, точки X против точек Y , но мы даже не нарисовали кривую. Мы соединяем точки A, B, C, D, E и т.д. короткими прямыми линиями, а затем мы можем соединить вместе эти короткие линии, и, если мы нанесем ряд промежуточных точек между теми, которые мы уже получили, и соединим их, точки могут находиться так близко друг к другу, что они могут показаться неотличимыми от кривой. И все же, какими бы многочисленными они ни были, их никогда нельзя соединить вместе так, чтобы образовалась кривая; поэтому мы проводим через них изогнутую линию от руки и сразу же отказываемся от наших интеллектуальных методов, поскольку наша кривая зависит от нашей интуиции *постоянно меняющегося направления*. Но если мы подумаем об этом, то обнаружим, что мы не можем сформировать четкого интеллектуального представления о непрерывности, и мы можем измерить кривизну прямой в точке линии, проведя касательную к кривой в этой точке, а затем измерив наклон касательной. Саму кривую мы, очевидно, оставляем без внимания.

Мы не можем представить себе точку, движущуюся вдоль локуса OD . Мы можем думать об этом только как о в местах O, A, B, C, D, E и т.д., Но мы должны пренебречь интервалами OA, AB, BC, CD, DE и так далее, или мы можем разделить их на меньшие интервалы, предположив, что точка заняла позиции f, g, i, j , например, между точками A и B . Тем не менее, независимо от того, сколько может быть этих интервалов, мы можем думать о точке только как о *находящейся* в местах O, A, B, C, D, E , или в f, g, i, j , и так далее. Мы никогда не думаем о самих интервалах, и, если все, о чем мы думаем, - это *оположении* точки, мы на самом деле вообще не думаем о ней как о движущейся. Мы можем *видеть* его в движении, но не можем сформировать интеллектуальную концепцию его движения. На самом деле в этом нет необходимости в повседневной жизни, но для адекватного решения проблем, связанных со скоростью изменений, науке пришлось дожидаться изобретения методов бесконечно малого исчисления, прежде чем можно было обойти этот недостаток человеческого разума.

Но движущаяся точка *последовательно* занимает несколько различных положений в пространстве. Если мы наблюдаем перемещение материальной точки с одного места на другое, мы воспринимаем, что определенный интервал нашей продолжительности соответствует изменению положения точки. Длительность использовалась не при занятии различных позиций O, A, B, C, D, E и так далее, ни при занятии бесконечно многочисленных других позиций, в которые мы можем поместить движущуюся точку, но в самих интервалах. Мы сказали

“длительность”, а не “время”, используя термин Бергсона. Под продолжительностью и временем мы понимаем разные вещи.

Время для нас - это всего лишь серия стандартных событий, которые, так сказать, подчеркивают продолжительность нашего опыта. Единицей измерения времени являются звездные сутки, то есть интервал времени между двумя последовательными прохождением неподвижной звезды через произвольный меридиан. Но если мы попытаемся концептуализировать этот интервал, мы обнаружим, что можем сделать это, только разбив его на меньшие интервалы, и это мы делаем, используя маятник определенной длины, который совершает определенное количество колебаний (86 400) в течение интервала между двумя прохождением звезды. Таким образом, мы получаем меньший интервал продолжительности и называем это секундой времени. Но для многих целей этот интервал слишком велик, и мы можем снова разделить его, используя камертон, который совершает, скажем, 1000 полных колебаний в секунду; таким образом, мы получаем еще меньшие интервалы продолжительности — сигматы физиологов. Таким образом, сигма представляет интервал между началом и концом одного полного колебания камертона определенного типа; секунда - интервал между началом и концом одного полного колебания маятника определенной длины, установленного в определенных частях земной поверхности; и сутки - интервал между двумя последовательными прохождением неподвижной звезды через выбранный меридиан после внесения всех необходимых поправок в наблюдение. Эти фактические события, положения зубцов камертона, или качания маятника, или неподвижной звезды не связаны с продолжительностью. Мы рассматриваем гринвичский меридиан как воображаемую линию, проведенную поперек небесной сферы, а звезду - как световую точку, так что фактический переход, в конечном счете, является событием, которое занимает лишь “бесконечно малый” интервал времени. То же самое с маятником и камертоном; положения этих предметов не “расходуют” время, и даже если интервалы, на которые мы делим астрономическое время, бесконечно многочисленны, их появление не занимает реального количества времени. Мы знаем, что интервал между двумя последовательными прохождением неподвижной звезды на самом деле не постоянен, то есть астрономический день удлиняется на невероятно малую долю секунды каждый год, но откуда мы это знаем? Дело не в том, что мы можем *чувствовать* увеличение продолжительности, а в том, что мы просто предполагаем, что законы движения Ньютона верны; и, следовательно, приливное трение, вызванное движениями земли, солнца и Луны, должно замедлять период вращения земли, так что интервалы между двумя последовательными прохождением звезды должны становиться больше.

Таким образом, мы не концептуализируем фактические интервалы продолжительности, конечные точки которых мы можем обозначить; мы проживаем их, и они являются реальными абсолютными вещами, независимыми от нашей воли. Предположим, мы возвращаемся с долгой прогулки, усталые и измученные жаждой, и просим горничную немедленно приготовить чай. Она ставит чайник на газовую плиту, а затем садится читать. Для закипания воды требуется, скажем, пять минут. Что мы под этим подразумеваем?

Вот что мы имеем в виду:—

Время	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Маятник часов} \\ \text{уже качнулся} \\ \text{М раз} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{и сейчас} \\ \text{качнулся} \\ \text{М + n раз} \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{и теперь} \\ \text{М + 2n раз} \end{array} \right.$	и так далее	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Время} \\ \text{проходит} \\ \text{Р качается} \end{array} \right.$
-------	--	---	---	-------------	---

Температура				
Воды в чайнике равна	сейчас она равна	и теперь	и так далее	чайник закипает
	$T^{\circ} + t^{\circ}$	$T^{\circ} + t^{\circ}$	$T^{\circ} + 2t^{\circ}$	T°
				100°
				Объем ртути в термометре составляет
	сейчас	и сейчас	и так далее	Это
	V	+ B	B + 2 в	Вт

То, что мы здесь называем временем, - это всего лишь серия одновременно происходящих событий. Стандартными событиями являются положения стрелок часов на циферблате, то есть длины дуги, фиксирующие количество качаний маятника, которые произошли с начала операции закипания чайника. Когда это началось, стрелки часов показывали, скажем, 4.30, а температура воды была тогда, скажем, 17 ° С.; а когда это закончилось, стрелки часов были на 4.35, а температура воды составляла 100 ° С. Мы зафиксировали только одновременность этих событий, а не интервал продолжительности, который они обозначают. Не имеет значения, сколько раз мы могли бы смотреть на стрелки часов и термометра, мы все равно наблюдали бы только одновременность.

Но нам пришлось *ждать*, пока чайник закипит, и температура 100° была достигнута *после* температуры 90°, и так далее. Что это значит? Пока мы ждали, вода, казалось, кипела невыносимо долго. Но горничная читала один из романов мистера Чарльза Гарвиса, и “прежде чем она поняла, где находится”, чайник вскипел. Был определенный интервал продолжительности, пережитый ею, и другой, но отличный от него, интервал продолжительности, пережитый нами. В каждом случае был поток сознания. Мы чувствовали усталость, жажду, отсутствие удовлетворения, рассеянное внимание и раздражение — все это было нашей продолжительностью. Но горничная отождествляла себя с леди Мэри, которая вывихнула лодыжку, и ей помогал новый, молодой егерь, и на этом ее пребывание закончилось.

В концептуальном представлении физического процесса не обязательно должна быть какая-либо последовательность событий. Например, нет последовательности в такой концепции, которая представлена следующей диаграммой — концепция, заслуживающая анализа:—

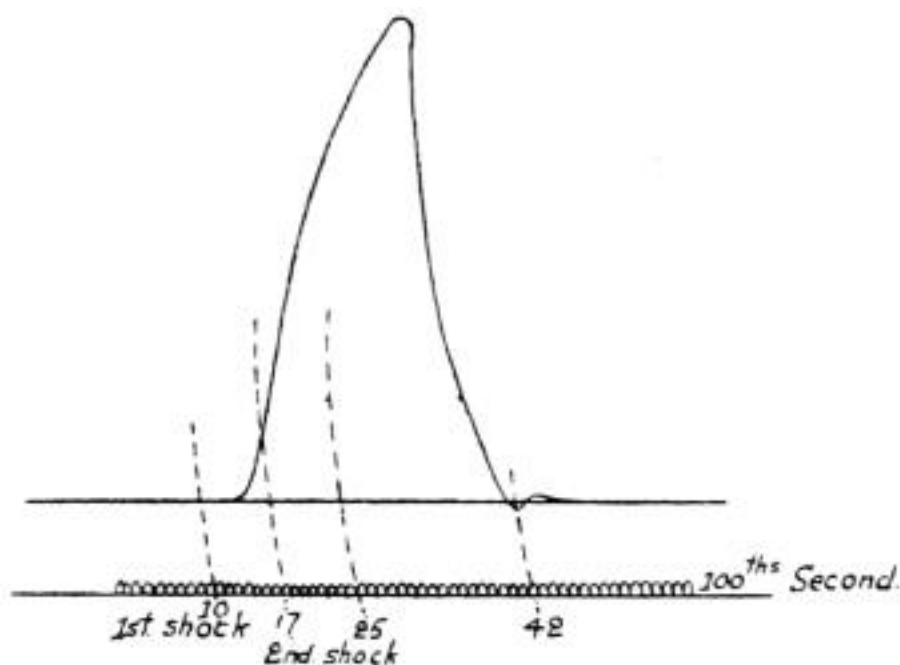


Рис. 7.

На рисунке изображен рисунок, выполненный с помощью мышечно-нервного препарата. Живая мышца, взятая у животного, была прикреплена к световому рычагу, конец которого оставляет царапину на листе прокуренной бумаги. Бумага закрепляется на вращающемся цилиндре, и пока мышца неподвижна, конец рычага проводит горизонтальную линию на бумаге. Но если мышцу стимулировать так, что она сокращается, а затем снова расслабляется, рычаг подтягивается вверх, а затем опускается, и таким образом его острие образует кривую на бумаге. Нерв, идущий к мышце, может быть стимулирован электрическим током, и момент стимуляции может быть зафиксирован другим рычагом, который делает отметку на бумаге ниже следа, оставленного рычагом, прикрепленным к мышце. К нерву были приложены два таких удара, и они вызвали два сокращения мышцы, и эти два сокращения слились воедино.

В реальном эксперименте операторы могли *видеть*, что мышца двигается, и они могли *чувствовать*, что определенный интервал их собственной продолжительности совпадал с интервалом между первым и вторым нажатиями клавиши, которые вызывали удары электрическим током. Но степень движения мышцы была слишком мала, а нажатия клавиши сменяли друг друга слишком быстро, чтобы их можно было легко наблюдать, и поэтому все эти события были зафиксированы на миограмме. Ряд маленьких зарубок в основании рисунка представляют собой движения рычага времени, то есть это царапины, сделанные на бумаге маленьким рычажком, который перемещается вверх и вниз с заранее установленной скоростью. Теперь, когда на этот раз рычаг сделал на бумаге десять надрезов, первый удар был нанесен по нерву, и на одиннадцатом мускул начал сокращаться. На семнадцатой отметке был нанесен второй удар, и мышца продолжала сокращаться. На двадцать пятой отметке мышца перестала сокращаться и начала расслабляться, а на сорок второй отметке мышца перестала сокращаться. Теперь все становится ясным и легко представляемым мысленно; рычаг времени делает 100 зарубок на бумаге за секунду, так что между двумя стимулами был интервал в 0,07

секунды, и эти два стимула вызывали сложное сокращение мышцы продолжительностью 0,1 секунды. Это то, что экспериментаторы могли бы уловить, если бы человеческие чувства без посторонней помощи были достаточно остры. Но это не так, и поэтому грубое восприятие результатов эксперимента заменяется представлением о последовательности событий, задействованных в операции. Длительность и последовательность исчезают, и миограмма представляет собой только серию одновременных событий такого рода; первый стимул возникает одновременно с десятым движением рычага времени; второй стимул - с семнадцатым, и так далее. Наблюдая за экспериментом, операторам пришлось *ждать* завершения одной фазы, прежде чем они смогли наблюдать другую, но при рассуждении об этом все фазы распределены и присутствуют в концепции одновременно. Длительность была у операторов, но не в эксперименте: она была пережита, но она исчезает, когда результаты эксперимента осмысливаются.

Последовательность событий заложена в нас самих, а не в наблюдаемых событиях. Если говорят, что точка движется вдоль локуса OD через позиции A, B, C , то именно у нас возникает ощущение последовательности, и вся траектория, или локус, или траектория точки соответствует части нашей продолжительности. Процесс кипячения чайника соответствует части нашей продолжительности, которая, в свою очередь, соответствует той части нашей продолжительности, которая была отмечена положением стрелок часов. Таким образом, мы ощущаем одновременность в этих двух последовательностях событий, и это позволяет нам назначить определенный период астрономического времени для операции повышения температуры воды в условиях эксперимента с 17°C до 100°C . Но в этом интервале астрономического времени нет ничего абсолютного: абсолютным является то, что определенные последовательности событий всегда соответствуют другим последовательностям событий. Определенное количество колебаний секундного маятника всегда соответствует определенному повышению температуры определенной массы воды, которая находится в тепловом контакте с неопределенно большим резервуаром тепла при определенной температуре, и, независимо от того, как часто мы повторяем этот опыт, всегда наблюдается одна и та же одновременность. Таким образом, физик рассматривает не интервалы его собственной продолжительности, а серии соответствий, то есть соответствия определенных стандартных событий событиям, которые он изучает.

В действительности время, в смысле времени астронома, не входит в методы математической физики. Предположим, что он исследует изменение, происходящее в материальной системе между двумя моментами времени t_1 и t_2 , причем эти моменты отделены друг от друга периодом длительности, который мы можем ощутить. Пусть системой будут, скажем, земля и Луна; предполагается, что первое тело неподвижно, а второе должно иметь определенную тангенциальную скорость движения. Если интервал от t_1 до t_2 действительно является интервалом астрономического времени, то проблема, какова разница в положении Луны из-за притяжения Земли, не поддается решению, и даже если мы уменьшим интервал времени до бесконечности, все еще предполагая, что это конечный интервал, математическая трудность остается. Затем мы заменяем конечный интервал t_1 на t_2 с помощью дифференциала dt , что означает, что две фазы системы, неподвижная земля и движущаяся луна в момент t_1 , и неподвижная земля и движущаяся луна в момент t_2 , разделены интервалом времени dt , который меньше любого конечного интервала, который мы можем себе представить. Затем мы должны проинтегрировать разницу в разнице положений, чтобы получить реальную разницу в состоянии системы по истечении конечного интервала времени от t_1 до t_2 . Таким образом,

математика, неспособная иметь дело с реальными интервалами времени, *обходит* эту трудность, рассматривая тенденции, а не реальные явления.

То, что происходит в части неорганической природы, произвольно отделенной от остальной и исследуемой методами математической физики, не имеет продолжения. Предположим, мы берем немного серебра и добавляем к нему азотную кислоту: металл растворяется. Затем мы можем добавить в раствор соляную кислоту и осаждать металл в виде хлорида; а затем мы можем сплавить этот хлорид с карбонатом соды или каким-либо другим веществом и таким образом снова получить металл. Если мы будем работать достаточно тщательно, то сможем повторять эту серию операций снова и снова, и первоначальная порция серебра останется неизменной как по характеру, так и по массе. Все химические реакции, в которые он вступал, никак на него не влияли; то есть эти реакции не продолжались.

Если мы вводим сыворотку, содержащую токсин, в кровоток восприимчивого животного, происходят определенные вещи. Животное заболевает, но при условии, что количество введенной сыворотки было не слишком велико, оно выздоровеет. При повторном введении токсина возникает реакция, но животное заболевает не так сильно, как в первый раз, и после ряда инъекций введенная доза может быть настолько велика, что убивает восприимчивое животное, но все же может не оказывать никакого эффекта на животное, которое является объектом процесса иммунизации: иммунитет ему обеспечен. Теперь можем ли мы сравнить две операции: растворение и осаждение металла и иммунизацию животного? В какой-то степени мы можем, но аналогия вскоре подводит, и действительно, нам не следовало бы пытаться сформулировать теорию иммунитета на физико-химической основе, если бы мы не начали с предположения, что в серии операций были задействованы только физико-химические реакции, то есть в явлениях иммунизации нет ничего, что предполагало бы, что происходящее в организме животного похоже на то, что мы можем вызвать в неорганических материалах вне тканей живого организма. Мы начнем с предположения, что введение токсина вызывает образование антитоксина почти таким же образом, как введение соляной кислоты в раствор нитрата серебра вызывает образование хлорида серебра. Затем этот антитоксин нейтрализует дозу токсина, которая может быть введена после завершения процесса иммунизации, во многом таким же образом, как определенное количество некоторой кислоты может быть нейтрализовано эквивалентным количеством некоторого основания, с которым кислота может соединяться. Если читатель проанализирует любую из теорий иммунизации, распространенных в настоящее время, он обнаружит, что в ней задействованы именно физические идеи.⁴ Но перед физиологической наукой стоит гораздо более сложная задача - объяснить устойчивость иммунитета. Животное, получившее иммунитет к токсинам, вырабатываемым определенными видами бактерий, может оставаться невосприимчивым в течение многих лет, то есть в течение очень длительного времени после исчезновения антитоксинов, первоначально вырабатываемых в результате реакции тканей на впервые введенные токсины. Следовательно, мы должны представить, что антитоксины, первоначально вырабатываемые в результате реакции с токсином, снова и снова вырабатываются тканями восприимчивого животного, поскольку последнее может противостоять повторным инфекциям, то есть повторным дозам токсина, без заболевания. Но тогда ткани животного организма являются преходящими субстанциями, и они не сохраняются в неизменном виде. Мышцы, железы, соединительные ткани, даже нервные волокна и клетки подвергаются метаболизму, и химические вещества, из которых они состоят, распадаются на продукты выделения, попадают в кровоток и выводятся из организма; в то же время эти ткани постоянно обновляются за счет питательных веществ,

содержащихся в крови и лимфе. Именно *организация* тканей - их форма и способы реакции — сохраняется, но материальные субстанции, из которых они состоят, находятся в состоянии постоянного изменения. Однако организация этих тканей не остается неизменной, поскольку она постоянно *реагирует* на новые условия, испытываемые ею. Реакции, возникающие при введении токсина восприимчивому животному, влияют на организацию его тканей таким образом, что последние приобретают способность вырабатывать антитоксины, которые могут — если нам угодно так выразиться — нейтрализовать токсины, попадающие в них при заражении. Реакция продолжается. Но это совсем не то же самое, что сказать, что процесс является исключительно физико-химическим.

Это то, что мы должны понимать под продолжительностью существования организма. Все, что он переживает впервые, сохраняется в его организации. Оно приобретает способность реагировать на некоторый стимул определенной, целенаправленной реакцией, результатом которой является помощь ему в борьбе за существование; и эта реакция, однажды осуществленная, становится “двигательной привычкой” или основой рефлекса, или каким-либо другим способом, как в процессе иммунизации, остается частью способов функционирования животного. В нашем поведении закладываются определенные нервные пути головного мозга, которые продолжают существовать на протяжении всей жизни, изменяя весь наш будущий опыт. Наш прошлый опыт накапливается. В нашем потоке сознания должна быть прямая непрерывность, поскольку ни одно восприятие, кажется, никогда полностью не стирается из памяти. Это постоянное добавление восприятий к тем, которые уже существуют, делает наше сознание все более сложным, так что восприятие, испытанное в первый раз, никогда не бывает совсем таким же, когда оно переживается снова. Первый раз, когда мы поднимаемся и спускаемся в лифте, или садимся на “колесо радости”, или поднимаемся на воздушном шаре или аэроплане, или испытываем опьянение, является уникальным событием в нашей жизни, и мы испытываем “новое ощущение”. На что жалуется пресыщенный светский человек, так это на накопление или, скорее, постоянство своего опыта. Повторение одного и того же стимула никогда больше не порождает прежнего восприятия. Первое прослушивание современной песни для гостиницы может быть приятным, но в следующий раз, когда мы слышим ее, она нам неинтересна, и постепенно это становится очень утомительным. Первое прослушивание великой симфонии обычно приводит нас в замешательство, и, возможно, нас отталкивают необычные гармонии, прогрессии или странные модуляции, но последующие прослушивания доставляют все большее удовольствие. Мы говорим, что в этом было “так много” того, чего мы не понимали, однако в каждом случае на наши слуховые мембраны воздействовала точно такая же серия внешних раздражителей, и одни и те же молекулярные нарушения передавались по нашим афферентным нервам в центральную нервную систему, где должны были быть произведены те же физические эффекты. Разница во всех этих случаях между повторениями одних и тех же стимулов заключалась в том, что более поздние добавлялись к более ранним, так что состояние сознания, вызванное этими внешними стимулами или сопутствующее им, в каждом случае было разным.

Это продолжительность разумно действующего животного: это не просто память, но воспоминание и накопление всех его прошлых способов реагирования на изменения в окружающей среде, независимо от того, были ли эти способы реагирования сознательными (как в случае разумно выполненного или “заученного” действия) или бессознательными (как, например, в случае приобретения иммунитета животным, которое стало способным противостоять болезни). Это не просто опыт отдельного организма, но также и весь опыт тех

вещей, которые были сделаны или пережиты предками организма и которые были переданы по наследству потомству. Формируются двигательные привычки, так что почти такая же серия мышечных действий выполняется при повторном восприятии ранее испытанного стимула. Остается чистая память, так что образы прошлых вещей и действий каким-то образом сохраняются в нашем сознании. Физическая аналогия предполагает, что эти образы начертаны на веществе мозга или каким-то образом сохранены; но, помимо невероятной трудности представить механизм, пригодный для этой цели, очевидно, что таким образом мы применяем к исследованию нашего сознания (которое представляет собой интенсивную множественность) концепцию протяженности, которая может быть применена во всей ее строгости только к вещам вне нас, на которые мы способны воздействовать. Все эти двигательные привычки, функциональные реакции и образы памяти являются нашей продолжительностью или накопленным опытом. Моторные привычки и функциональные реакции других частей тела, отличных от сенсомоторной системы, являются основой наших действий, но образы памяти, так сказать, запрессованы обратно в ту часть нашей организации, которая не всплывает в сознании. В сознании всплывает лишь та их часть, которая имеет отношение к ситуации, в которой мы в данный момент находимся, и которая, следовательно, может повлиять на наши действия. Как “мечтатели” мы позволяем себе роскошь осознавать эти образы из памяти, но как “люди действия” мы строго подавляем их или ту их часть, которая не помогает нам в действиях, которые мы совершаем. И все же опыт каждого из нас показывает, что, несмотря на это постоянное подавление, части наших воспоминаний проскальзывают сквозь барьеры полезности и тайно напоминают нам обо всем, кем мы были и о чем думали.

Таким образом, мы упрощаем поток нашего сознания. То, что мы осознаем в любой момент, никогда не бывает чем-то большим, чем частью наших грубых ощущений: мы никогда не воспринимаем больше, чем малую часть всего, что наши органы чувств передают в нашу центральную нервную систему. Но даже эти избранные восприятия внешнего мира настолько богаты, настолько хаотичны и запутанны, что мы не в состоянии сосредоточиться на них всех сразу и поэтому “скелетонируем” содержимое нашего сознания. Мы думаем об этом понемногу за раз. Это единая вещь, которую невозможно разделить, но мы смотрим на нее, так сказать, с множества различных точек зрения; и затем, фиксируя наше внимание на каком-то ее аспекте, мы соглашаемся игнорировать все остальное. Таким образом, мы отделяем его части от остального и, произвольно разложив его таким образом, называем эти отдельные аспекты элементами наших восприятий и наделяем их отдельным существованием в пространстве и времени. Мы запоминаем и классифицируем вещи и группируем все, что кажется похожим друг на друга. Мы формируем обобщения, соглашаясь игнорировать все, кроме самых общих характеристик вещей, которые мы пытаемся концептуализировать. Мы не думаем отдельно обо всех собаках, лошадях или рыбах, которых мы когда-либо видели, но мы группируем всех этих животных в виды, и обычно именно о видах мы думаем, когда в нашем сознании возникает идея собаки, лошади или сельди. Когда мы думаем о трамвайном вагоне, мы не думаем ни обо всех отдельных транспортных средствах, которые мы видели, ни об их цветах, ни о рекламе на щитах снаружи, ни о людях, держащихся за ремни внутри. Именно столько опыта того, что имеет отношение к цели нашего мышления, входит в наше представление о трамвайном вагоне: это концептуальное транспортное средство, о котором мы думаем. Такова природа концепций, составляющих основу наших рассуждений: они представляют собой обобщенные аспекты нашего восприятия природы, обычно более бедные по содержанию, чем реально

воспринимаемые вещи, за исключением случаев, когда необходимо исследовать или рассуждать о какой-то отдельной вещи, увиденной или иным образом пережитой. Все наши описания природы являются концептуальными схемами. Мир восприятия, говорит Уильям Джеймс, слишком богат, чтобы охватить все сразу, но, концептуализируя его, мы расширяем его и делаем тоньше, а также обозначаем в нем границы и разделительные линии, которых на самом деле не существует. Именно эта обобщенная природа является предметом наших рассуждений о чистой науке; и именно эти понятия составляют суть всех наших описаний. Мы не описываем природу “такой, какой мы ее видим”, мы пишем о наших концепциях. Родов, видов и разновидностей на самом деле не существует в живом мире: все это логические категории, порожденные нашим мышлением, концепции, облегчающие наши описания. Когда анатом описывает строение животного, он не говорит, как оно выглядит, и, как правило, не довольствуется фотографией своих вскрытий. Для него животное - это комплекс мышц, скелета, нервов, желез и так далее, и на его рисунках всем этим вещам придается индивидуальность, которой они на самом деле не обладают. У живого существа не было таких резко выделяющихся органов, как изображено на хорошем рисунке: все они связаны друг с другом и являются непрерывными. Но для практического удобства описания, то есть, в конечном счете, для того, чтобы мы могли действовать в соответствии с этими вещами, мы изолируем друг от друга аспекты, которые на самом деле являются одним целым.

Вселенная, то есть все, что нам дано, предстает как непосредственно воспринимаемые явления, которые затем концептуально трансформируются. Это совокупность вещей — грубой материи, частиц, молекул, атомов и электронов. Эти вещи имеют отдельное существование и форму, так что каждая из них лежит вне всех других вещей — мы применяем к ним категорию протяженности. Они обладают свойствами, то есть они твердые, или тяжеловесные, или горячие, или холодные, или они окрашены, или они пахнут, и так далее — таким образом, мы применяем к ним категорию неотчуждаемости. Они не являются неизменяемыми вещами, поскольку они изменяются на месте или трансформируются другими способами, то есть на них воздействуют энергии. Но под свойствами вещей или трансформациями, которым они подвергаются, мы представляем нечто, обладающее свойствами и которое трансформируется: неудобно говорить исключительно об атрибутах или трансформациях как о сущностях самих по себе, поскольку мы думаем о вещах как о обладающих свойствами и подверженных трансформациям. Таким образом, мы применяем категорию субстанции.

Является ли эта вселенная, которую мы конструируем на основе данных ощущений, объективной реальностью? Изучение физиологии совершенно естественно приводит нас к понятию идеализма. Мы видим, что наше восприятие вещей, то есть наше знание Вселенной, зависит от целостности функционирования определенных структур организма и от условия, при котором у людей в целом эта целостность функционирования является нормальной, то есть общей для подавляющего большинства человечества.

Сказать, что вещь существует, - значит сказать, что она каким-то образом воспринимается; что она непосредственно или отдаленно влияет на наше состояние сознания. Сказать, что звезда Сириус существует, - значит сказать, что стимуляция сетчатки крошечным световым пятном передает определенные молекулярные нарушения по зрительному нерву и что другие молекулярные нарушения возникают в тканях центральной нервной системы. Даже если мы не

видим тех темных звезд, о существовании которых мы знаем, все равно есть свидетельства их существования, которые каким-то образом влияют на инструменты астронома и приводят к их восприятию. Даже если мы на самом деле не видим излучений радиоактивного вещества, мы можем заставить эти излучения произвести изменения в том, что мы можем видеть. Мы говорим о звезде как о крошечном пятнышке цветного света. Но если мы близоруки, пятно становится небольшой вспышкой, а если мы дальтоники, то оттенок звезды отличается от того, каким он бывает у нормальных людей. Если мы закапываем каплю атропина в один глаз, а затем закрываем другой, объекты, кажется, теряют свою отчетливость, но если мы закрываем этот глаз, а затем открываем другой, первоначальная острота зрения возвращается. Когда мы страдаем желчью, на листе белой бумаги, который в другое время был чистым, могут появляться сгустки и пятна. Если мы принимаем передозировку хинина, шорохи и поющие звуки становятся очевидными даже в условиях, которые должны исключать всякое ощущение звука. Если мы сильно простужены, мы не ощущаем запаха веществ, которые в другое время сильно воздействуют на наши обонятельные мембраны. Когда мы впадаем в состояние опьянения, множество аббераций чувств вытесняют наше нормальное восприятие вещей.

Следовательно, наше восприятие вселенной зависит от нормального функционирования наших органов чувств, то есть от таких способов функционирования, которые мы можем описать и донести до других, и которые, таким образом, являются общими для большинства других мужчин и женщин. Эти восприятия, возникающие в результате нормального функционирования органов чувств, составляют данность, и мы расширяем или концептуализируем эту данность и называем ее предметом науки. Но что это за реальность, которую мы называем внешней по отношению к нам? Как мы видим, это наше внутреннее сознание. Если мы идем по дороге в темноте, мы можем почувствовать, какова природа тропинки, по которой мы ступаем, будь то камни, гравий, песок или трава. Но это ощущение, очевидно, не в подошвах наших ботинок и не в коже ступней, поскольку мы ничего не почувствовали бы, если бы афферентные нервы в ногах были разорваны. Тогда это происходит в мозге? Кажется, что это есть, но оно исчезает, если повреждены определенные участки мозга.

Все, что мы можем сказать, это то, что видимость реальности вещей вне нас - это всего лишь постоянно меняющееся состояние нашего сознания. Это все, что мы непосредственно знаем, и если мы говорим, что существует вселенная, внешняя по отношению к нам, мы, таким образом, проецируем за пределы нашего собственного разума то, что находится в нем; и мы создаем среду, которая может существовать, а может и не существовать, но о существовании которой мы не имеем права говорить. Философия, основанная на науке об организме, по-видимому, была бы ограничена этим идеалистическим взглядом на вселенную. Когда мы впервые сталкиваемся с этим в молодости, оно привлекает нас всей силой точного рассуждения, и в то же время в нем есть все очарование парадокса. Нет такой части нашего интуитивного знания, которая казалась бы нам более достоверной, чем это различие между нами самими и внешним окружением: мы знаем, что наше сознательное Эго - это нечто отличное от нашего тела, и мы знаем, что вне нашего тела есть что-то еще. И все же идеалистический взгляд настолько импонирует интеллекту, что мы не можем размышлять о нем умозрительно, временами почти не убеждая себя в нереальности и призрачности всего того, что в другое время кажется наиболее реальным и осязаемым; и мы тем охотнее пускаемся в эти размышления, потому что знаем, что всякий раз, когда мы начинаем *действовать*, интуитивно ощущаемые тело и внешний мир возвращаются к нам со всей их первоначальной убежденностью в реальности.

Некоторая подобная система идеализма должна в целом характеризовать систему философии, основанную на чистом рассуждении. Мы не можем не чувствовать, что вселенная, которую мы создаем, зависит от нашего восприятия: это наше восприятие. Суть вещи в том, что она воспринимается. Если бы не было разума, способного воспринимать это, существовало бы ли бы это? Вселенная - это наша мысль, а мы, то есть наша мысль, существуем только в Мысли абсолютного Разума, который мы называем Богом. Такова метафизика, к которой привело Беркли изучение ощущений.

Метафизика науки сделала еще один поворот. Это правда, что мужчины и женщины видят что-то вне себя, что немного отличается у разных людей — эти различия обусловлены тем, что мы называем “личностным уравнением”. Образ вселенной, видимый некоторыми людьми, может сильно отличаться от образа, видимого некоторыми другими или большинством других; но хорошо заметный разрыв отделяет эти незначительные индивидуальные отклонения в образах, видимых нормальными людьми, от больших отклонений, наблюдаемых теми, чье восприятие мы называем патологическим. Нормальная вселенная, общая для большинства мужчин и женщин, представляет собой совокупность молекул, находящихся в движении. Но это вывод, которым современная физика не смогла довольствоваться, поскольку молекулы должны быть способны воздействовать друг на друга в пустом пространстве, а это невозможно. Следовательно, Вселенная состоит из однородной нематериальной среды, космического эфира, и это истинная *физическая субстанция*. Молекулы и излучение - это состояния эфира, и для физика это единственная реальность. Следовательно, “материализм” нашего времени - это вера в существование, не обусловленное временем или чем-либо еще, эфира, или физического континуума; однородной среды, в которой материя и энергия, а также сознание организма являются лишь состояниями.

Таким образом, материализм двадцатого века, подобно идеализму Беркли, приходит к выводу, что за пределами нашего собственного сознания существует нечто, обладающее абсолютным существованием. Для материалиста это эфир пространства, а для Беркли это существование абсолютного Разума. Но если наше желание избежать метафизики является подлинным, мы должны отвергнуть понятие универсального эфира не меньше, чем мы должны отвергнуть понятие абсолютного Разума, и мы должны довольствоваться чистым феноменализмом. Для каждого из нас не может существовать ничего, кроме того, что воспринимается или концептуализируется. Нет ничего, кроме нашего собственного сознания; не может быть даже Эго, которое воспринимает; есть только восприятие. Мы никогда по-настоящему не верим в это, несмотря на наши заявления о разумности. При строгом самоанализе мы обнаруживаем, что верим в то, что есть Эго, которое воспринимает, и что есть другие Эго, которые воспринимают, и что вселенная, которую воспринимает наше Эго, также является той же самой вселенной, которую воспринимают другие Эго. Если бы мы не верили, что существуют другие мужчины и женщины, обладающие другим сознанием, подобным нашему собственному, вся та часть нашего собственного поведения, которую мы называем моралью, была бы бессмысленной. В философии чистого идеализма другие мужчины и женщины - это всего лишь явления; только тела, движущиеся в природе. Почему же тогда эти элементы нашего сознания должны влиять на остальную часть нашего сознания, как если бы они были мужчинами и женщинами, подобными нам? Все это равносильно утверждению, что, хотя наше спекулятивное мышление подсказывает нам, что все существующее является нашим потоком сознания, наши действия должны убеждать нас в том, что существуют другие мыслящие личности, подобные нам.⁵

Даже если мы действительно предадимся феноменализму и попытаемся поверить, что все существующее - это наше собственное сознание, факт нашей продолжительности подсказал бы нам, что это нынешнее сознание - это еще не все. Наша реальность - это не только то, что присутствует в нашем сознании сейчас, но и все, что когда-либо присутствовало в нашем сознании. Все, о чем мы когда-либо думали и делали, сохраняется и формирует наш сознательный и бессознательный опыт. Это наше прошлое - это нечто, что когда-либо добавляется к нашему нынешнему состоянию сознания или становится инкорпорированным в него; и если это нечто отличное от того, что мы сейчас воспринимаем и концептуализируем, то это нечто, имеющее собственное существование.

Мы должны верить, что есть нечто, что мы воспринимаем, а не то, что мы просто воспринимаем. Ибо фазы нашей непосредственной данности, то есть те вещи, которые присутствовали в наших умах от момента к моменту прошлого, были связаны вместе и имели направление, и это направление было чем-то, на что не могла повлиять наша воля, и, возможно, даже противоречило нашей воле. Что-то очень горячее всегда остывает, колесо, которое вращается само по себе, всегда останавливается, маятник перестает качаться, камень, который катится с холма, продолжает катиться. Давайте оглянемся назад на потухающий огонь: теперь он почти погас; давайте запустим маятник, чтобы он качался, а затем ушел: когда мы возвращаемся, маятник все еще качается, но амплитуда его колебаний теперь меньше, чем была; давайте отвлечемся от падающего камня: когда мы снова смотрим, он все еще падает, но уже не там, где был. Во всей нашей данности, во всех феноменах, которые мы воспринимаем, есть что-то определенное и недвусмысленное, что-то, что идет своим собственным путем, помимо нашего осознания этого.

Прежде всего, у нас есть убежденность в абсолютности нашего чувства личной идентичности. Мы, то есть наше Эго, - это нечто вечное, и мы не можем проследить начало нашей идентичности, и у нас нет интуиции, что она прекратит свое существование. Наше Эго сейчас такое же, каким оно было в прошлом, и вокруг него что-то накопилось - воспоминания о наших прежних восприятиях и привычках, которые они породили. Наше Эго создало это из самого себя? Не был ли он скорее центром действия, который, пребывая в существовании, отличном от него самого, — в абсолюте, который мы называем вселенной, — изменял это существование и постоянно устанавливал с ним новые отношения?

ГЛАВА II ОРГАНИЗМ КАК МЕХАНИЗМ

Теперь мы предлагаем рассматривать организм исключительно как физико-химический механизм, но перед этим, возможно, будет полезно обобщить результаты обсуждений в предыдущей главе. Давайте на мгновение перестанем рассматривать организм как структуру — “совокупность частей” - и подумаем о нем так, как это делает физиолог: это машина; по сути, это “нечто происходящее”. Что же тогда является объектом его деятельности? Что бы еще ни показывало нам изучение естественной истории, оно показывает нам следующее: непосредственной целью деятельности организма является приспособление к окружающей

среде. Он должен овладеть своим окружением и подчинять себе или, по крайней мере, избегать всего, что в последнем является враждебным. Он должен избегать несчастных случаев, болезней и смерти, он должен находить пищу и кров; он должен стремиться к тем условиям окружающей среды, которые наиболее благоприятны для его длительного существования. Конечные цели - сохранение своей расы, этические идеалы — нас пока не интересуют. Основная цель функционирования индивидуального организма состоит в том, чтобы он мог доминировать над окружающей средой и получить господство над косной материей. Сознательно или бессознательно он действует в этом направлении.

Все те действия, которые мы называем рефлекторными, или автоматическими, или инстинктивными, имеют то общее, что организм, выполняя их, вступает в связь лишь с очень ограниченной областью своего окружения. Но зная эту область интуитивно, ее действия обладают завершенностью, которую разумное действие не проявляет до тех пор, пока оно не станет настолько привычным, что приблизится к автоматическому действию. Отношения между организмом и той частью его мира, на которую он воздействует, интуитивно или инстинктивно, чем-то похожи на отношения между ключом и замком, к которому он приделан: он открывает этот замок, возможно, один или два других, похожих на него, но не более. Теперь именно из-за этого совершенного, но ограниченного приспособления инстинктивного или автоматически действующего организма к объектам, на которые он воздействует, знание всего остального в окружающей среде становится малозначимым.

Ясно, что разумное действие предполагает обдуманность. Почти неизбежная двигательная реакция на стимул, характерная для рефлекса или инстинкта, не возникает при разумном действии: вместо этого мы обнаруживаем, что выбираем между двумя или более реакциями на один и тот же стимул. Мы отвечаем на последнее, делая *это* сейчас, а *то* в другой раз; и мы сразу видим, к каким результатам приводит различное воздействие на одну и ту же часть нашего окружения или одинаковое воздействие на разные части. Восприятие, то есть знание мира, возникает в результате действия; и поскольку наши действия, когда они осуществляются разумно, становятся почти бесконечно разнообразными, окружающая среда предстает перед нами в очень многих аспектах. В каждом действии мы изменяем ту часть нашего окружения, с которой мы работаем. Мы можем производить множество модификаций, которые нам бесполезны: мы не обращаем на них внимания. Мы создаем другие полезные объекты, а затем отмечаем последовательность событий, связанных с нашими действиями. Таким образом, мы открываем или изобретаем естественный закон — упорядоченную окружающую среду. Мы можем рассчитать и предсказать, что произойдет: мы создаем, например, *Морской альманах*, в котором сразу же появляются полезные знания и знания о строго определенной последовательности событий — короче говоря, знания механистические; и которые были порождены необходимостью воздействовать на окружающую среду в наших собственных интересах.

Все это, как может заметить читатель, является теорией интеллектуального познания Бергсона, теорией, которая, поначалу новая и парадоксальная, становится все более и более убедительной, чем дольше мы о ней думаем, пока, наконец, она не кажется настолько очевидной, что мы удивляемся, как она вообще могла казаться новой. Наши способы мышления ограничиваются определенными рамками только потому, что эти способы мышления были порождены нашими способами действия. Пока наше мышление связано только с нашими действиями, его осуществление закономерно. Но если его объектом является чистая спекуляция, то

его результаты могут быть иллюзорными, поскольку метод был применен к объектам, отличным от тех, для которых он был разработан. Давайте теперь распространим наши интеллектуальные методы на исследование организма. Мы обязательно должны рассуждать о последнем как о механизме, если мы вообще о нем рассуждаем.

Если это механизм, то он должен соответствовать законам энергетики, поскольку наука, поскольку она количественная, независимо от того, выражаются ли ее результаты в форме уравнений или неравенств, основана на этих принципах.

Первым принципом энергетики,⁶ или первым законом термодинамики, является принцип сохранения энергии. Давайте представим себе изолированную систему частей, такую как солнце с его совокупностью планет, спутников и других тел: в действительности они не образуют изолированной системы, но мы можем рассматривать их как таковые, предположив, что они получают от остальной вселенной ровно столько энергии, сколько излучается ими в остальную вселенную. Таким образом, в этой системе сумма определенной сущности остается постоянной, и никакой мыслимый процесс не может уменьшить или увеличить ее количество. Мы называем эту сущность энергией и обычно распространяем принцип ее абсолютного сохранения на материю, хотя в этом расширении нет необходимости, поскольку мы должны думать о материи в терминах энергии. В более общем виде этот принцип заключается в том, что все существующее должно продолжать существовать, если мы хотим рассматривать это существование как реальное.⁷

Для ума вовсе не очевидно, что энергию необходимо сохранять, поскольку мы видим, что, по всей видимости, она может исчезнуть. Мяч для гольфа, поднимающийся по склону холма, обладает энергией во время полета, кинетической энергией или энергией движения; но это, по-видимому, теряется, когда мяч приземляется на вершине холма и останавливается. Однако мы говорим, что теперь он обладает потенциальной энергией в силу своего положения; ибо, если холм крутой, небольшой толчок заставит шар катиться вниз с возрастающей скоростью, и когда он достигнет места, с которого был первоначально запущен, он обладает кинетической энергией. Это описывается как половина массы мяча, умноженная на квадрат его скорости. Теперь кинетическая энергия мяча в тот момент, когда он покинул голову гонщика, должна быть равна его кинетической энергии, когда он достиг того же горизонтального уровня при своем нисходящем броске. Тем не менее, можно легко показать, что это не так, и мы объясняем потерю кинетической энергии, говоря, что она была рассеяна из-за трения шара об атмосферу в его полете и о склон холма при его откате. Мы не можем проверить это количественно, но мы совершенно уверены, что это так. Если мы возьмем часовую пружину и заведем ее, то затраченная энергия становится потенциальной в пружине, и когда последняя высвобождается, большая ее часть восстанавливается. Но мы можем растворить пружину в слабой кислоте, не позволяя ей раскручиваться. Что тогда происходит с переданной ей энергией? Мы вынуждены сказать, что это изменило физическое состояние раствора, в который оно переходит, либо став потенциальным в этом растворе, либо каким-то образом рассеявшись. И снова мы не можем проследить это преобразование экспериментально, хотя мы можем быть совершенно уверены, что весь энергетический потенциал свернутой пружины можно проследить. Предположим, опять же, что мы сжигаем несколько центнеров угля в топке парового котла. Выделяется тепло, которое поднимает пар в котле, и пар приводит в действие двигатель, который обладает измеримой кинетической энергией. Откуда это взялось? Мы говорим, что в угле был потенциал, хотя ни один метод, известный физике, не позволяет нам доказать это простым исследованием

угля. Мы должны заставить последний претерпеть некоторую трансформацию. Но с помощью жестких методов мы можем очень точно оценить потенциальную энергию угля и рассчитать эквивалентную ей кинетическую энергию. И снова мы обнаруживаем, что кинетическая энергия паровой машины составляет лишь малую долю от той, которая, как показывают расчеты, эквивалентна кинетической энергии угля. Что происходит с балансом? Мы можем быть совершенно уверены, что он рассеивался при трении, излучении, потере тепла при проводимости, потере тепла в конденсаторе и так далее, хотя мы не можем строго доказать это экспериментальными методами.

Представьте себе Вселенную как изолированную систему. Она содержит неизменное количество энергии. Эта энергия может быть энергией движущихся тел — солнц, планет, космической пыли, молекул и т.д. — когда это кинетическая энергия; или это может быть энергия электрических зарядов в состоянии покоя или в движении; или любой из многих видов потенциальной энергии. Он может подвергаться многочисленным преобразованиям — химическая потенциальная энергия угля может быть преобразована в кинетическую энергию молекул воды (пара при высокой температуре), а эта - в кинетическую энергию вращающегося якоря динамо-машины, а эта снова в энергию движущихся электронов (электрический ток в цепи динамо-машины), а затем снова в энергию эфирных вибраций (свет, тепло, рентгеновские лучи или другие электромагнитные волны), и это снова в механическую или кинетическую энергию, и так далее. Когда мы говорим, что можем управлять энергией, мы говорим, что можем производить эти преобразования; мы можем вызывать события, мы воплощаем становление в бытие. В этом смысле энергия - это причинность. Но в то время как общее количество энергии во Вселенной остается постоянным, сумма причинно-следственных связей постоянно уменьшается. Энергия - это сила, или условие, создания *разнообразия*, но, хотя энергия не может уменьшаться в количестве, разнообразие имеет тенденцию к постоянному уменьшению.

В последних двух предложениях мы, в некотором смысле, излагаем второй закон термодинамики — в некоторых отношениях наиболее фундаментальный результат нашего опыта физического исследования Вселенной. В своей наиболее технической форме, изложенной Клаузиусом, этот закон гласит, что значение определенной математической функции, называемой *энтропией*,⁸ постоянно стремится к максимуму, когда оно применяется ко вселенной в целом. Когда мы говорим “вселенная”, мы имеем в виду все, что находится в пределах нашего физического исследования. Давайте теперь посмотрим, что означает это утверждение.

Энергия солнечной системы частично представляет собой кинетическую энергию тех ее частей, которые находятся в движении — планет, планетезималей,⁹ и спутников. Это количество энергии чрезвычайно велико. В случае нашей земли это $\frac{1}{2} (mv^2)$, m - масса земли, а v - ее скорость. Переведенное в цифровые символы, мы находим это количество почти непостижимым. Большая часть этой энергии *недоступна*, то есть она не может подвергаться никаким преобразованиям. Но поскольку земля вращается одновременно с тем, как она вращается вокруг Солнца, и поскольку Луна вращается вокруг земли, в водной и атмосферной оболочках земли наблюдаются приливы и отливы. Энергия приливов - это кинетическая энергия воды или воздуха в движении, и мы можем использовать эту энергию для производства преобразований, и поэтому она *доступна*. Но хорошо известные исследования показали, что

приливы и отливы вызывают трение и что период вращения земли постепенно увеличивается. В конечном счете земля будет вращаться вокруг своей оси за то же время, что и вокруг солнца, — тогда год и сутки будут одинаковой продолжительности. Когда это произойдет, солнце, земля и луна будут в равновесии, и приливные явления, вызванные солнцем, прекратятся. Кинетическая энергия земли, совершающей оборот один раз за 24 часа, очевидно, больше, чем ее кинетическая энергия при вращении в период, который тогда будет ее годом. Что стало с балансом? Оно было преобразовано в механическое трение приливов о поверхность земли,¹⁰ и это трение было преобразовано в низкотемпературное тепло, и это тепло было излучено в космос.

Солнечная система также содержит энергию в виде нагретого солнца и планет, а также в виде химической потенциальной энергии веществ, из которых состоят эти тела. Давайте подумаем о системе, солнце и Земле. Солнце содержит огромную тепловую энергию, его абсолютная температура составляет около 6000°C .¹¹ Он содержит огромную химическую энергию в форме соединений, существующих под его внешними оболочками, и он содержит энергию в форме своей собственной силы тяжести — их совместное сжатие приводит к выделению тепла. Но это тепло постоянно излучается: должны происходить химические реакции, в ходе которых потенциальная химическая энергия его веществ должна преобразовываться в тепло, и это тепло также излучается; сжатие его массы должно происходить до такой степени, когда материалы будут как можно плотнее упакованы друг с другом; во время сжатия выделяется тепло, и оно также уходит с излучением. Предположим, что современные предположения хорошо обоснованы и что на солнце присутствуют радиоактивные вещества: при атомном распаде этих веществ образуется тепло, которое снова излучается. Следовательно, в какой бы форме энергия ни существовала на солнце, она преобразуется в тепло и излучается. Конечная судьба солнца - остывать и затвердевать. Затем он будет перемещаться в пространстве как тело с прохладной твердой корой и сильно нагретой внутренней частью. Медленно, очень медленно это нагретое нутро будет остывать за счет передачи тепла от ядра к внешней оболочке и за счет излучения этого тепла от оболочки в космос. В течение невероятно длительного времени радиоактивные вещества внутри организма должны выделять тепло, но даже этот процесс должен завершиться.

Энергия, получаемая землей, - это энергия солнца и звездного излучения. Звездное излучение ничтожно мало, абсолютная температура космического пространства (или эфира) составляет около -263°C . Абсолютная температура земли составляет около $+17^{\circ}\text{C}$, так что она излучает в космос больше тепла (кроме того, которое представлено солнцем), чем получает. Все преобразования энергии на земле (за исключением приливных эффектов, передачи энергии от нагретого ядра и, возможно, радиоактивных эффектов) являются преобразованиями этой солнечной энергии, получаемой с помощью излучения. Мы видим это в океанической и атмосферной циркуляции (течения, ветры, осадки и т.д.). Мы видим это также в преобразованиях химической потенциальной энергии угля и других продуктов жизнедеятельности — продуктов, в которых содержащаяся потенциальная энергия была поглощена солнечной радиацией.

Давайте проследим за преобразованиями этой энергии. Океанические течения переносят тепло из экваториальных морских районов в более холодные умеренные и полярные районы, а

компенсационные полярные течения текут к экватору, поглощая тепло из вод умеренных и экваториальных районов. Аналогичным образом действуют ветры. Вода испаряется там, где солнечное излучение интенсивно, а тепло поглощается при превращении воды в водяной пар. Затем этот водяной пар переносится ветром в регионы, где он конденсируется и выпадает в виде дождя или снега, при этом при конденсации выделяется тепло. Во всех этих движениях присутствует трение, и это трение преобразуется в тепло. В целом, это сказывается на общем распределении по земле тепла, которое получают экваториальные регионы сверх того, которое получают полярные регионы. Океаническая и атмосферная циркуляция также оказывает другие механические воздействия — оголение берегов в результате приливов и штормов, эрозия суши реками, дождями, снегом и льдом, перенос пыли ветрами и т.д. Во всем этом возникает трение, и это трение переходит в тепло.

Потенциальная химическая энергия, возникающая в результате поглощения солнечной радиации растениями, в основном накапливается в виде угля. Если бы не вмешательство человека, этот уголь медленно накапливался бы, возможно, он еще медленнее исчезал бы под действием бактерий или в результате физических преобразований. В результате этих преобразований энергия угля превратилась бы в тепловую энергию и потенциальную энергию газа, образующегося в результате жизнедеятельности бактерий. По воле человека уголь претерпевает другие преобразования, и на современном этапе развития цивилизации он является его главным источником энергии. Он доступен для выполнения многих видов работ, и во всех этих формах работы он преобразуется химическим воздействием (горением) в высокотемпературное тепло.

Мы можем заставить эту потенциальную энергию угля преобразовываться в механическую энергию машин, транспортных средств и кораблей в движении, заставляя ее переходить в тепло. В паровом или газовом двигателе сильно нагретый газ (пар или смесь, образующаяся в результате взрыва угольного газа и воздуха в цилиндре двигателя) расширяется и приводит в движение поршень или вращает турбину. (Очевидно, что в бензиновом двигателе происходит тот же важный процесс.) Мы используем эту кинетическую энергию непосредственно при транспортировке или заставляем ее претерпевать другие преобразования. В динамо-машине кинетическая энергия движущегося оборудования преобразуется в электрическую энергию; и это может преобразовываться в лучистую энергию (свет, тепло в электрических радиаторах, радиоизлучения беспроводного телеграфа), или она может преобразовываться в химическую энергию (например, при производстве карборунда в электропечи), или она может снова преобразовываться в кинетическую энергию движущихся тел (электрическая тяга). Человеческая способность направлять бесчисленными способами вызывает трансформацию этой накопленной потенциальной энергии, и читатель заметит аналогию всего этого с существенной, бессознательно выражаемой активностью животного организма в его собственном метаболизме — момент, к которому мы вернемся позже.

Теперь обратите внимание, что все замеченные нами энергетические преобразования *необратимы*. Это вопрос глубокого философского значения, и мы должны посвятить ему некоторое время. Рассмотрим прежде всего работу паровой машины; происходит следующее — уголь сжигается в топке котла, то есть потенциальная химическая энергия переходит в тепло, и это испаряет воду в котле, образуя газ высокой температуры (пар). Этот газ расширяется в цилиндре высокого давления двигателя, продвигая поршень вперед; далее он расширяется в промежуточном цилиндре, также приводя в движение его поршень, и снова в цилиндре низкого

давления. Затем он охлаждается, проходя через конденсатор, и при сжатии получается дополнительная механическая энергия. Последовательность событий, таким образом, начинается с газа с высокой температурой и заканчивается тем же газом с температурой воды в конденсаторе. Потерянное тепло преобразуется в механическую энергию двигателя. Но не все это. Определенное количество теряется в результате излучения стенок котла, паропроводов, цилиндров и других частей двигателя; также часть энергии преобразуется в трение, а оно снова в тепло. Таким образом, очень значительная часть энергии, содержащейся в угле, расходуется впустую на неизбежную теплопроводность и излучение, а последний ее остаток, так сказать, уходит в канализацию вместе с водой из конденсатора. Эта потеря заложена в самой природе механизма двигателя.

Предположим, что энергия двигателя используется для приведения в действие динамо-машины. Якорь последнего вращается вопреки ограничению мощных электромагнитов, и при этом генерируется электрический ток. По закону сохранения этот ток должен содержать столько энергии, сколько было вложено во вращение якоря; на самом деле этого не происходит, и недостаток проявляется в трении частей машины друг о друга, несовершенной электропроводности проводов и несовершенной изоляции тока. Трение, плохая проводимость и несовершенная изоляция - все это преобразуется в тепло, которое рассеивается.

Предположим теперь, что ток используется для освещения: для этого он должен нагреть металлические нити в лампах или кончики углей в дуге. Затем это тепло преобразуется в свет, но вместе со светом, который был объектом преобразования, вырабатывается тепло, и это тепло излучается прочь.

Фактический процесс, в ходе которого вырабатывается конкретная необходимая форма энергии, теоретически может быть обратимым, а может и не быть. То, что используется в паровой машине, таковым не является, поскольку, если мы начнем с холодного котла, а затем запустим двигатель в обратном направлении, мы не сможем поднять пар. Процесс в динамо-машине теоретически обратим: если мы направим электрический ток в динамо-машину, она начнет вращаться и превратится в двигатель, так что мы сможем получать от нее механическую работу. Теперь теоретически все формы энергии взаимно конвертируемы, и все они могут быть выражены в терминах общей единицы измерения. Единица механической энергии называется *эрг*: пусть в динамо-машину подается ток, энергия которого равна N эрг, тогда мы должны получить от последней механическую энергию, равную N эрг. И наоборот, если для вращения динамо-машины использовать N эргов механической энергии, мы должны получить электрическую энергию, равную этому количеству. Теперь, на самом деле, мы не получаем этих теоретических преобразований, поскольку часть электрической энергии рассеивается, когда мы используем машину в качестве двигателя, и часть механической энергии также рассеивается, когда мы используем ее в качестве динамо-машины.

Сущность, которую мы называем энергией, является продуктом двух факторов: коэффициента мощности и коэффициента интенсивности. Таким образом:—

Механическая энергия воды	= количество воды × высота, на которой она находится над водным двигателем.
Энергия электрического тока	= количество электроэнергии × электрический потенциал.
Химическая энергия	= эквивалентный вес вещества × химический потенциал.

Что определяет, произойдет ли преобразование энергии? Это условие, при котором существует разница в коэффициентах интенсивности энергии в разных частях системы. Вода будет течь с более высокого уровня на более низкий, выполняя работу по ходу движения, если ее направлять через двигатель. Электричество будет течь, если есть разница электрических потенциалов. Химическая реакция произойдет, если два вещества до взаимодействия обладают большим химическим потенциалом, чем продукты, которые, возможно, могут образоваться в ходе взаимодействия. Уголь и кислород обладают большим химическим потенциалом, чем углекислый газ и вода, поэтому они будут соединяться, образуя углекислый газ и воду. Следовательно, преобразования энергии будут происходить везде, где возможно устранить различия в интенсивности или потенциале. Энергия, которая, таким образом, может перетекать из состояния высокого потенциала в состояние низкого, претерпевая трансформацию по мере своего протекания, является доступной энергией системы тел, в которой она содержится. Замкнутый сосуд, окруженный непроницаемой для тепла оболочкой и содержащий смесь кислорода и водорода, представляет собой изолированную систему, содержащую доступную энергию. Пусть смесь воспламенится электрической искрой, и выделится тепло. Общая энергия системы остается неизменной по количеству, но доступная энергия исчезла, поскольку нагретый водяной пар не способен подвергаться дальнейшим преобразованиям, пока он является частью своей изолированной системы.¹²

Таким образом, все физические процессы *необратимы*, то есть протекают только в одном направлении. Либо процесс необратим в том смысле, что он не может протекать как в положительном, так и в отрицательном направлениях (например, паровой двигатель), либо он необратим в том смысле, что по мере его протекания задействованная в нем энергия становится менее способной к преобразованию в другие условия. (В теоретически обратимой динамо-машине энергия рассеивается в виде тепла.) Следующие утверждения можно рассматривать как аксиомы¹³:—

(1) “Если система может претерпеть необратимое изменение, она это сделает”.

(2) “Совершенно обратимое изменение не может произойти само по себе”.

В явлениях, изучаемых физикой, мы видим только необратимые изменения. Во всех этих процессах энергия спускается по наклонной плоскости, и некоторая (значительная) часть задействованного количества переходит в условия, при которых она неспособна к дальнейшей трансформации; в целом, энергия становится все менее и менее доступной. Выраженный в своей наиболее технической форме, второй закон термодинамики гласит, что энтропия имеет тенденцию к постоянному увеличению. Каждый такой процесс, который мы можем изучать в физике, “оставляет неизгладимый отпечаток где-либо на ходе событий во Вселенной, рассматриваемой как единое целое”.¹⁴

Мы не можем наблюдать по-настоящему изолированную систему. Сама Земля является частью Солнечной системы, и последняя получает энергию от остальной Вселенной и излучает ее по всей вселенной. Наша единственная изолированная система - это вся вселенная. Мы должны думать о ней в той мере, в какой мы рассматриваем ее как физическую, как конечную систему: если она бесконечна, наши рассуждения становятся бессмысленными. Таким образом, Вселенная представляет собой систему, в которой энергия постоянно стремится к деградации. В каждом процессе— который в нем происходит, то есть в каждом чисто физическом процессе, выделяется тепло, и это тепло распределяется за счет проводимости и излучения и имеет

тенденцию универсально распространяться по всем его частям. Когда это окончательное, равномерное распределение энергии будет достигнуто, все физические явления прекратятся. Бесполезно утверждать, что универсальные явления цикличны. Мы тщетно ссылаемся на предположения (основанные на довольно преждевременно развитой космической физике) о столкновениях звезд, давлении светового излучения, распределении космической пыли и т.д. чтобы подтвердить наши представления о чередующихся фазах рассеяния и концентрации энергии; тщательный анализ покажет, что все эти процессы должны быть необратимыми. Физика являет нам картину Вселенной как остановившихся часов; окончательного прекращения всякого становления; всеобщей физической смерти.

В этом заключении нет ничего умозрительного. Это наименее метафизическое из великих обобщений науки. Это просто отражает наш опыт направления, в котором происходят физические изменения. Основанный на самых точных методах науки, известных нам, ничто не кажется более определенным и более поддающимся строгому математическому исследованию.

И все же мы уверены, что это не универсальная истина. Ибо всегда должна была *существовать* вселенная — по крайней мере, наш интеллект не способен постичь ее начало. Если мы предположим начало, необусловленное творение, мы сразу же перескакиваем от науки к самой низшей из метафизик. Исходя, таким образом, из того, что продолжительность существования нашей физической вселенной бесконечна, мы видим, что конечное достижение энергии — рассеивание — должно было произойти, если наша физика верна. Не имеет значения, какие новые источники энергии показали нам современные исследования; не имеют значения и невероятно большие промежутки времени, необходимые для истощения этих источников. У нас есть вечность, за которую можно черпать. Повсюду во вселенной мы видим разнообразие и становление. В таком случае, является ли вся проблема трансцендентальной, или второй закон неверен? Мы отказываемся считать эту проблему неразрешимой и должны думать о втором законе как о верном только для нашего физического опыта. Но наша концепция вселенной показывает, что она не может быть истинной, и поэтому мы должны искать влияние, компенсирующее это.

Если организм представляет собой механизм физико-химического типа, следовательно, он должен соответствовать двум великим принципам энергетики, установленным физиками. Теперь не может быть никаких сомнений в том, что закон сохранения энергии применим ко всем процессам, наблюдаемым у животных и растений. Давайте рассмотрим “калориметрические эксперименты”. Животное вместе с поставляемыми ему пищей и кислородом, а также различными выделяемыми им веществами составляет физическую систему. Эта система может быть приблизительно изолирована, чтобы в нее не поступало тепло извне, в то время как выходящее из нее тепло можно определить количественно. Животное создано для выполнения механической работы, и это измеряется. Можно оценить энергетическую ценность потребляемой им пищи и выделений. Таким образом, можно контролировать все физические условия, и результаты таких экспериментов показывают, что энергия сохраняется. Энергия, содержащаяся в пище, значительно превышает энергию, содержащуюся в экскрементах, но дефицит количественно представлен работой, выполняемой животным, и теплом, теряемым при проводимости и излучении его тела. Разница между наблюдаемыми результатами и теоретическими находится в пределах погрешности эксперимента. Таким образом, метаболизм животного в целом соответствует закону сохранения, и все общие результаты физиологии

показывают, что это справедливо и для химико-физических изменений, рассмотренных в деталях.

Невозможно показать, что второй закон, закон рассеивания энергии, применим к организму со всей строгостью, в какой он применим к чисто физическим системам. Если мы рассмотрим только теплокровное животное, мы действительно обнаружим, что его общий метаболизм действительно протекает в одном направлении и что происходят необратимые изменения. У млекопитающих и птиц мы имеем организмы, которые представляют собой поверхностное сходство с тепловой машиной в отношении их химико-физических процессов, сходство, однако, которое является скорее аналогией, чем идентичностью процессов. В тепловом двигателе мы имеем (1) механизм из частей, которые не меняются по материалу и соотношению друг с другом (котел, цилиндр, поршни, кривошипы, золотники и т.д.); и (2) рабочее вещество (пар).

Энергия в виде химического потенциала угля и кислорода подается в механизм. Уголь окисляется, выделяя тепло. Затем тепло расширяет рабочее вещество (воду в котле), и это рабочее вещество — теперь газ с высокой температурой и давлением — приводит в движение поршень и сообщает двигателю кинетическую энергию. Обратите внимание на основные этапы этого процесса: вещества с высоким химическим потенциалом (уголь и кислород) подвергаются трансформации в вещества с низким химическим потенциалом (углекислый газ и вода), а разница в энергии проявляется в виде высокотемпературного тепла (точнее, увеличенной кинетической энергии молекул воды). Затем это тепло преобразуется в механическую работу (кинетическая энергия молекул пара передается поршню двигателя). Но при таком преобразовании лишь относительно небольшая часть (от 10% до 20%) доступной энергии преобразуется в механическую работу: остальная часть рассеивается в виде безвозвратного низкотемпературного тепла за счет излучения котла, паропроводов, двигателя и в виде тепла, которое переходит в воду в конденсаторе.

В организме в целом нет различия между неподвижными частями механизма и рабочим веществом. Сам организм (его мышцы, нервы, железы и т.д.) *является* рабочим веществом. Кроме того, нет полной уверенности в том, что существует необходимое преобразование химической энергии в тепло. Источником энергии в случае с теплокровным животным является химическая энергия пищевых веществ и кислорода, поступающих в его организм. Эти химические вещества претерпевают преобразования в пищеварительном тракте и в тканях, отвечающих за обмен веществ. Протеиды пищи расщепляются на аминокислоты в пищеварительном тракте, и эти аминокислоты синтезируются в специфические протеиды организма животного. Соответствующие изменения происходят с поступлением в организм углеводов и жиров. Эти перестройки молекулярной структуры пищевых продуктов являются объектом процессов переваривания и ассимиляции; и когда они завершаются, определенная доля пищи, поступающей в организм, соединяется с живыми тканями (мышцами, нервами и т.д.) животного организма или фактически становится их частью. Это живое вещество, соединения с высоким химическим потенциалом (белки, углеводы и жиры) подвергаются трансформации в соединения с низким химическим потенциалом (вода, углекислый газ и мочевины). Существует разница в энергии, и она проявляется как механическая энергия, как химическая энергия, необходимая для деятельности желез, и как тепло.

Однако мы не должны делать вывод, что это тепло теплокровного животного сравнимо с отходящим теплом паровой машины. Гомойотермное животное поддерживает в своем теле постоянную температуру, которая обычно выше, чем у среды, в которой оно обитает, и это постоянство температуры, очевидно, дает много преимуществ. Химические реакции протекают со скоростью, изменяющейся в зависимости от температуры, так что у теплокровных животных жизненные процессы протекают почти без изменений в среде. Животное проявляет полную активность в течение всех сезонов года. Оно не впадает или не нуждается в зимней спячке и может жить в самых разных климатических условиях. Таким образом, мы обнаруживаем, что наиболее широко распространенными группами наземных животных являются теплокровные млекопитающие и птицы, в то время как самыми крупными и космополитичными морскими животными являются теплокровные киты. Таким образом, выработка тепла у млекопитающих и птиц является непосредственным объектом метаболизма животного; это средство, с помощью которого последнее приобретает более полное господство над окружающей средой. То, что это не обязательно этап преобразования химической энергии в механическую, мы видим, рассматривая метаболизм хладнокровных животных. У этих пойкилотермных организмов тело сохраняет температуру среды. Температура у таких животных может быть на градус или долю градуса выше температуры окружающей среды, но в отсутствие точных калориметрических экспериментов мы не можем сказать, какая доля энергии пищи этих животных переходит в недоступную пищевую энергию. Вероятно, это очень малая часть целого, и поэтому мы вправе утверждать, что у хладнокровных животных химическая энергия в значительной степени не преобразуется в тепло. Результатом, конечно, является то, что жизненные процессы в этих организмах идут в ногу, так сказать, с температурой окружающей среды, поскольку на химические реакции их метаболизма влияет внешняя температура. Таким образом, мы обнаруживаем, что зимняя спячка, формирование стадий покоя и общее замедление метаболических процессов более характерны для хладнокровных животных в более холодное время года, чем для теплокровных. Первый не обладает тем господством над окружающей средой, которого достигают млекопитающие или птицы.

Следовательно, метаболизм животного напоминает энергетический процесс тепловой машины только в общих чертах, что в обеих сериях превращений химическая энергия переходит из состояния высокого потенциала в состояние низкого потенциала, превращаясь при этом в механическую энергию и, таким образом, выполняя работу. В тепловом двигателе химическая энергия преобразуется в тепло, а затем в механическую энергию, и из общего преобразованного количества определенная значительная часть рассеивается путем преобразования в низкотемпературное тепло. В организме животного химическая энергия преобразуется непосредственно в механическую, не проходя через фазу нагрева. Если вырабатывается тепло, то это потому, что это, в некотором смысле, доступная энергия, поскольку она позволяет продолжать химические реакции с нормальной скоростью. Таким образом, аналогия животного с тепловым двигателем является ложной. Это предполагает окисление пищевых продуктов и выработку тепла, тогда как совсем не очевидно, что какая-либо значительная доля энергии организма является результатом окисления: многие животные организмы действительно функционируют при полном отсутствии свободного кислорода. Кроме того, доля рассеиваемой энергии всегда мала по сравнению с тепловой машиной и имеет тенденцию к исчезновению. Таким образом, второй закон термодинамики не ограничивает энергетические преобразования животного организма в той же степени, в какой он ограничивает энергетические преобразования физико-химического механизма.

Процессы, происходящие в растительном организме, еще больше отличаются по своему *направлению* от процессов “чисто физического” цикла. Чтобы ясно увидеть это, мы должны рассмотреть воображаемый механизм, известный как тепловая машина Карно.¹⁵ Это система, в которой у нас есть (1) резервуар для тепла с постоянной высокой температурой, (2) холодильник с постоянной низкой температурой и (3) рабочее вещество, представляющее собой газ. Энергия извлекается из резервуара в виде тепла, и это тепло расширяет газ, выполняя свою работу. Газ сжимается, и его тепло затем отдается холодильнику. Прделанная работа равна разнице между количеством тепла, забранного из резервуара, и количеством, отданным в холодильник.

Эта серия операций называется прямым циклом Карно. Но механизм может работать и в обратном направлении. В этом случае тепло переходит из холодильника в рабочее вещество, которое находилось при более низкой температуре. Затем рабочее вещество, или газ, сжимается, в результате чего оно нагревается до температуры, чуть превышающей температуру резервуара. Полученное таким образом тепло затем отдается в резервуар.

Таким образом, в прямом цикле Карно энергия переходит из состояния с высоким потенциалом в состояние с низким потенциалом, и работа выполняется *с помощью* механизма. В обратном цикле Карно энергия переходит из состояния низкого потенциала в состояние высокого потенциала, и *над* механизмом выполняется работа. Таким образом, двигатель Карно является полностью обратимым. При его работе энергия не рассеивается. Это, конечно, чисто воображаемый механизм.

В процессе метаболизма зеленого растения углекислый газ и вода попадают в ткани листа и превращаются в крахмал. Но энергия соединений, двуокиси углерода и воды, намного меньше, чем энергия тех же соединений, когда они превращены в крахмал. Следовательно, энергия должна быть получена из какого-то источника, и этим источником, как говорят, является эфир. Солнечное излучение поглощается зеленым листом, и эта энергия используется для химического превращения. Как именно это происходит, мы точно не знаем, несмотря на многочисленные исследования. Возможно, что формальдегид образуется из углекислого газа и воды, полимеризуется, а затем превращается в крахмал. Возможно, что поглощенные электромагнитные колебания преобразуются в электричество в хлорофилловых телах листа, хотя при поглощении излучения в физических экспериментах оно преобразуется в тепло. Мы не знаем точно, каковы этапы трансформации, хотя ясно, что солнечное излучение поглощается и что хлорофилл листьев играет важную роль в преобразовании этой энергии излучения в химическую потенциальную энергию. Но важно отметить, что здесь мы имеем дело с процессом, во многом аналогичным процессу работы двигателя Карно с обратным движением. Энергия (углекислый газ и вода) переходит из состояния с низким потенциалом в состояние с высоким потенциалом (энергия крахмала), и *на* растении выполняется работа по осуществлению этого преобразования.

Зеленое растение не выполняет *работу*. Это утверждение, конечно, не совсем верно, поскольку определенный объем механической работы выполняет завод. Цветки раскрываются и закрываются; усики могут двигаться и обхватывать другие предметы; в клетках растения происходит циркуляция протоплазмы, в сосудах стеблей - сока и т.д. Также работа выполняется против силы тяжести при поднятии тканей растения над почвой, в то время как работа также выполняется корнями при проникновении в почву. Но по сравнению с работой, проделываемой

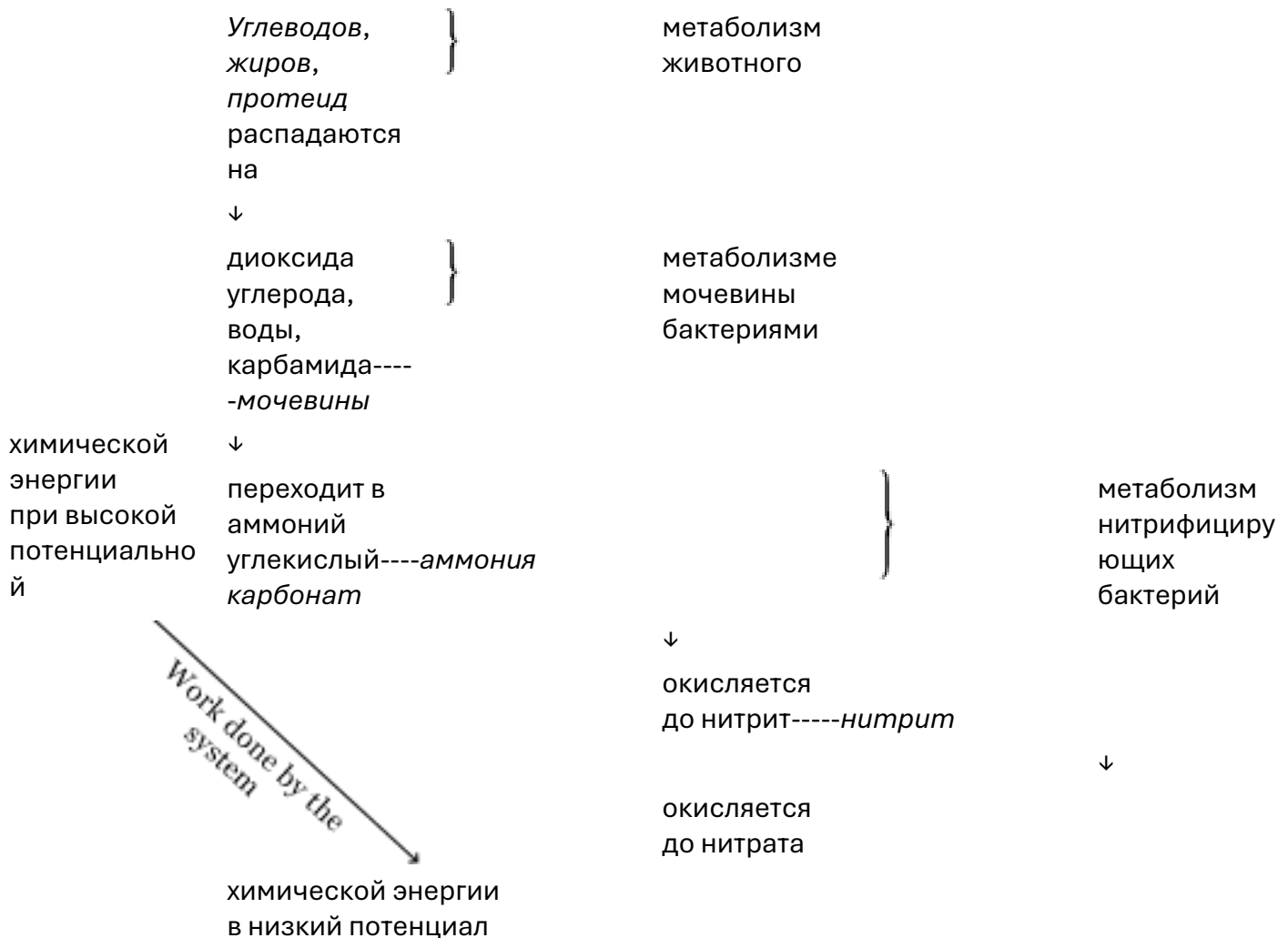
излучением при производстве химических превращений, упомянутых выше, эти другие затраты энергии должны быть незначительными. Таким образом, говоря в целом, мы можем описать зеленое растение как систему, в которой доступная энергия накапливается в виде химических соединений с высоким потенциалом. Далее, это система, в которой энергия преобразуется без выполнения механической работы, за исключением незначительной степени, и в которой не происходит образования тепла или, по крайней мере, в которой количество рассеиваемого тепла заметно только в течение очень ограниченных фаз, относительно невелико в течение других фаз и имеет тенденцию исчезать.

Давайте теперь объединим процессы, происходящие у растений и животных; начнем с последнего. В нем у нас есть механизм, который действительно работает. Источником его энергии является потенциальная химическая энергия пищевых продуктов, которая сводится к веществам, известным как белки, жиры и углеводы. Энергетическая ценность этих соединений значительна, то есть, если они сгорают в потоке кислорода, то при их сгорании выделяется большое количество тепла. Они проглатываются животным, расщепляются химическим путем и перегруппировываются. Съеденные животным протеиды (скажем, из говядины, баранины или пшеницы) подвергаются воздействию ферментов пищеварительного тракта и разлагаются на их непосредственные составляющие, аминокислоты, а затем другие ферменты перестраивают эти аминокислоты так, чтобы снова образовать протеиды, но того же типа, что и протеиды, характерные для тканей. Это разложение и повторный синтез осуществляются также в отношении поступающих в организм жиров и углеводов. В результате пища, попавшая в пищеварительный тракт, или, по крайней мере, ее часть, накапливается в живом веществе организма животного. Энергия, затрачиваемая на эти процессы пищеварения и ассимиляции, вероятно, незначительна. В ходе этих процессов животное поглощает доступную химическую энергию.

Энергия, поступающая таким образом в организм животного, затем трансформируется. Большая его часть проявляется в виде механической энергии — энергии движения тела, сердца, легких, крови и т.д. — и тепла. Какая-то его часть становится нервной энергией, под которой мы подразумеваем довольно расплывчатый термин "энергия, участвующая в распространении нервных импульсов". Часть его используется в железистых реакциях, например, при образовании пищеварительных соков. Однако большая его часть преобразуется в механическую энергию и тепло. Как именно осуществляются эти энергетические преобразования, мы не знаем. Тепло, конечно, является результатом химических изменений, окислений, разложения или изменений того же рода, что и при разбавлении серной кислоты водой, но механическая энергия, по-видимому, возникает непосредственно в результате химических изменений без посредничества тепла. Мы вернемся к этому вопросу в одной из последующих глав и ограничимся здесь указанием на то, что химические соединения, содержащиеся в метаболических тканях организма животного, претерпевают трансформацию из состояния с высоким химическим потенциалом в состояние с низким химическим потенциалом, и что эта разница потенциалов представлена проделанной работой и выделяемым теплом. Белки, жиры и углеводы тканей представляют состояние с высоким потенциалом; а углекислый газ, вода и мочевины, в которые превращаются эти вещества, представляют состояние с низким потенциалом.

Предположим, что тепловая машина Карно, в которой температура резервуара тепла составляет (скажем) 120°C , а холодильника — 50°C . Тепло холодильника все еще можно превратить в

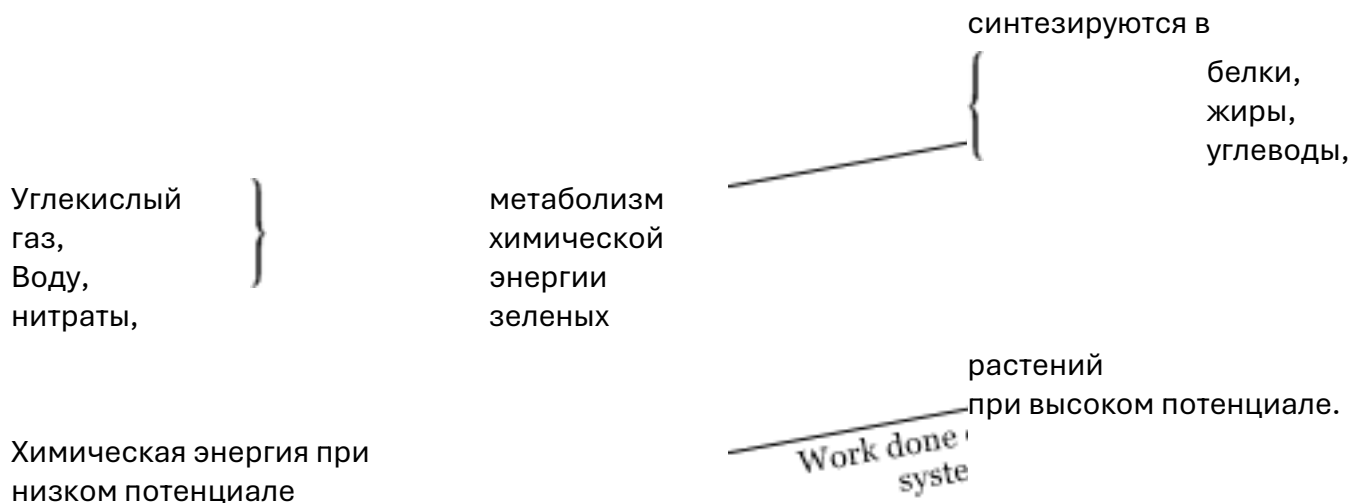
дополнительный источник энергии, сделав его тепловым резервуаром другого двигателя Карно, температура холодильника которого равна 0°C . Наш животный организм можно сравнить с циклом Карно; его энергетическим резервуаром являются поступающие в организм белки, жиры и углеводы, а его холодильником (или поглотителем энергии) являются выделяемые углекислый газ и мочевина. Теперь мочевина высших млекопитающих заражается определенными бактериями, которые превращают ее в карбонат аммония. Другой вид бактерий превращает аммиак в нитрит, а еще один превращает нитрит в нитрат. Таким образом, основной процесс животноводства сочетается с несколькими вспомогательными.



Стрелки показывают, что энергия спускается по наклонной плоскости, обозначенной прямым циклом Карно. Больше никакой работы нельзя получить из углекислого газа и воды, выделяемых млекопитающим, но больше работы можно получить из мочевины, когда она используется бактериями и "ферментируется" до аммиака. Работа снова может быть получена из аммиака бактериями, которые превращают его в нитрит, и еще раз из нитрита другими бактериями, которые превращают его в нитрат. Нитрат представляет собой нулевую энергию для рассматриваемых организмов.

Другие азотистые остатки содержатся в моче животных, и может образовываться несколько других продуктов выделения. Но во всех этих случаях мы можем легко обнаружить вспомогательные преобразования энергии, осуществляемые бактериями, как показано на приведенной выше схеме. Таким образом, это положительная, или прямая половина того обратимого цикла Карно, с которым мы сравниваем жизнь. В нем энергия падает по потенциалу (или интенсивности, или уровню), и при этом падении потенциала происходят трансформации — проявляются сами по себе, возможно, это лучший способ выразить это. Мы рассмотрим эти превращения позже; пока же следует отметить, что при таком падении потенциала происходит деградация химической энергии. Образуются химически инертные соединения, углекислый газ, вода и нитраты. Бесполезно говорить, что диоксид углерода может вступать в реакцию, скажем, со светящимся магнием, вода - с металлическим натрием, а нитрат -, скажем, со светящимся углеродом. Состояние химического равновесия возникло бы в результате чисто неорганического превращения на нашей земле, при котором не было бы металлического натрия, или магния, или раскаленного углерода; при котором металлы превратились бы в инертные оксиды, а углерод - в двуокись. Образование этих соединений представляет собой предел энергетических преобразований. Обратите внимание также, что все эти энергетические преобразования консервативны; общее количество остается неизменным на протяжении всего процесса и в конце такое же, как и в начале. Но *энтропия увеличилась: недоступная энергия увеличилась за счет доступной энергии.*

Рассмотрим теперь не прямой, или обратный, цикл Карно. Мы начинаем с инертного вещества, образующегося в результате метаболизма животного, - углекислого газа, воды, нитратов и еще нескольких минеральных веществ. У нас есть энергия солнечного излучения. Благодаря живой пластиде хлорофилла в клетках зеленого растения это солнечное излучение использует углекислый газ и воду в качестве сырья для производства крахмала. В то же время он поглощает нитраты и некоторые другие инертные минеральные вещества из почвы и переносит их в свои ткани. Крахмал, образующийся в хлорофилле, превращается в растворимый сахар, который циркулирует по сосудам растения и соединяется с азотистой солью при выработке протеида. Белки, масла, жиры и смолы и, в большей степени, углеводы, таким образом, вырабатываются растением и *накапливаются*, поскольку механическая работа им не выполняется и тепло не отводится — или, по крайней мере, эти процессы происходят в незначительной степени.



Таким образом, “рабочая субстанция” нашего органического цикла вернулась в свое первоначальное состояние.

Мы рассмотрели процесс метаболизма в двух категориях организмов, типичных животных и зеленых растениях, и объединили их так, чтобы получить картину обратимого цикла физико-химических процессов. Когда мы говорим об “организме” в самом общем смысле, мы имеем в виду, что он проявляет эти два способа метаболизма. Это, конечно, не относится ни к одному реальному организму, который мы можем исследовать, или, по крайней мере, типичные способы поведения, характеризующие жизнь животных и растений, не наблюдаются ни у одного индивидуума. Но мы обнаруживаем, что абсолютного различия между этими двумя царствами нет. Растение может демонстрировать режим питания, очень напоминающий животный (как у насекомоядных растений), и вполне возможно, что фотосинтетический процесс в общем смысле может присутствовать в метаболизме некоторых животных. Некоторые низшие растения, зооспоры водорослей, проявляют движения, идентичные по характеру движениям низших животных. В основе обоих царств лежат организмы, например, перидинии, которые имеют большую часть строения животного (хотя в их скелете присутствует целлюлоза), которые обладают подвижными органами, но которые также обладают фотосинтетическим аппаратом и демонстрируют типичный растительный способ питания. Кроме того, существуют симбиотические партнерства, то есть ассоциации растений и животных в одной “индивидуальной” форме (как, например, у низших червей, иглокожих, многозубых, моллюсков и других групп животных). В этих случаях клетки зеленых водорослей, способные образовывать крахмал из углекислого газа и воды под воздействием света, внедряются в ткани животного. Мы также находим, что в отношении некоторых фундаментальных признаков растения и животные демонстрируют близкое сходство: например, структура клетки и совершенно особый способ конъюгации зародышевых ядер при половом размножении. Мы должны рассматривать все отличительные признаки растения так, как они представлены в животном, и *наоборот*. Почему они стали специализироваться в разных направлениях - это вопрос, который мы обсудим позже.

Таким образом, организм, поскольку мы рассматриваем его как физико-химический механизм, как театр энергетических событий, проявляет следующие общие характеристики:—

- (1) Он медленно накапливает доступную энергию в виде химических соединений с высоким потенциалом, над которыми ведется работа.
- (2) Он высвобождает эту энергию в виде относительно быстрых, контролируемых, “взрывных реакций”, трансформирующихся в движения, выполняемые сенсомоторной системой частей, с помощью которой выполняется работа.
- (3) При всех этих преобразованиях количество рассеиваемой энергии относительно невелико и имеет тенденцию к исчезновению.

Таким образом, с точки зрения энергетических процессов это признаки жизни, если использовать термин в общем смысле, указанном выше.¹⁶

Существует ли абсолютное различие между органическим механизмом и неорганическим? Отметим впервые, что фактические физико-химические превращения, *сами по себе*, которые мы изучаем в неорганической материи, идентичны тем, которые мы изучаем в организме.

Молекулы углекислого газа, воды, нитрата, хлорида натрия, хлорида калия, фосфата и так далее находятся в инертной материи точно так же, как и в организме. Химические превращения, такие как гидролиз крахмала, переворачивание тростникового сахара или расщепление нейтрального жира, безусловно, являются одними и теми же процессами, независимо от того, проводим ли мы их в стеклянных сосудах лаборатории или наблюдаем, как они протекают в живых тканях организма животного. В обеих сериях событий происходят одни и те же молекулярные перестройки и одни и те же передачи энергии. Это, однако, не является материалом для проведения различия: нам нужно выяснить, является ли направление группы физико-химических реакций одинаковым в организме и в ряде неорганических процессов.

Вернемся к циклу Карно. Это серия операций, которые выполняются в воображаемом механизме таким образом, что всю серию можно легко поменять местами. Тепло подается к воображаемому двигателю, который затем выполняет работу и отдает свое тепло холодильнику. Затем выполняется работа с двигателем, который после этого забирает тепло у холодильника и возвращает его источнику. Работа, выполняемая *бу* двигателем в прямом цикле, равна работе, выполняемой *над* ним в непрямом цикле. Тепло, отбираемое от источника и отдаваемое холодильнику в прямом цикле, равно теплу, отбираемому от холодильника и отдаваемому источнику в непрямом цикле. Но это чисто воображаемый механизм, и весь опыт показывает не только то, что он не был реализован на практике, но и то, что он не может быть реализован таким образом. Если бы это можно было реализовать, мы бы показали, что второй закон термодинамики физически неверен.

Реализуют ли энергетические процессы жизни такой совершенно обратимый цикл операций? Чтобы ответить на этот вопрос, мы должны рассмотреть судьбу энергии, которая поглощается в метаболическом цикле растений, и той, которая выделяется в животном цикле. Переходит ли энергия солнечного излучения, поглощаемая растением, в форму потенциальной химической энергии производимых углеводов и других веществ? Переходит ли какая-либо часть энергии животного, возникающая в результате метаболизма его организма, в недоступную форму, то есть в форму, в которой она не может быть использована другими организмами? То есть рассеивается ли энергия организмом?

Несомненно, в какой-то степени это так, но в гораздо меньшей степени, чем в череде неорганических процессов. Часть энергии солнечного излучения, поглощаемой растением, должна преобразовываться за счет трения при любых происходящих движениях в низкотемпературное тепло, и некоторое количество тепла, каким бы небольшим оно ни было, вырабатывается в результате метаболизма растения. Опять же, часть тепла теплокровного животного должна излучаться в пространство или отводиться от его тела; и эта энергия рассеивается — давайте предположим, по крайней мере, что она таким образом рассеивается в физическом смысле. Вероятно, также некоторое количество тепла вырабатывается в результате метаболизма хладнокровного животного, хотя это должно составлять очень малую долю от общей преобразованной энергии. Таким образом, мы видим, что различие заключается в степени, хотя разница между неорганическими и органическими энергетическими процессами в этом отношении очень велика; настолько велика, что мы должны рассматривать ее как составляющую фундаментальное различие и указывающую на ограниченность второго закона, когда он распространяется на функционирование организма.

Но мы также должны учитывать эффект работы, проделанной организмом. Мы рассмотрим природу и значение эволюционного процесса в более поздней главе, а пока мы можем сформулировать следующий тезис: процесс эволюции ведет к человеку и его деятельности. Это *ведет*, если мы рассматриваем этот процесс как *направленный*; но даже если мы рассматриваем это как случайный процесс, мы все равно обнаруживаем, что человек в гораздо большей степени, чем любой другой организм, является его результатом. Все факты биологии и истории показывают, что человек доминирует в органическом мире, растительном или животном; что вся направленность его деятельности заключается в уничтожении любых враждебных организмов и вращивании тех, которые полезны. Уже за короткий период его рациональной деятельности волк исчез с цивилизованных земель, в то время как была произведена собака. Один за другим виды враждебных или вредных организмов уничтожались или изменяются, в то время как множество других видов были сохранены и изменены для его блага. В будущем мы видим органический мир, подвластный ему либо полностью, либо в огромной степени.

Так же и в неорганическом мире. Реки, которые раньше неслись вниз через пороги, рассеивая энергию своего движения в виде ненужного безвозвратного тепла, теперь протекают через турбины и водяные колеса, вырабатывая электричество и накапливая доступную энергию. Ветры, которые “естественным образом” рассеивали свою механическую энергию в отходящее тепло, теперь приводят в движение корабли и ветряные мельницы. Приливы и отливы с их невероятно огромной механической энергией теперь просто нагревают земную кору на бесконечно малую долю градуса ежедневно и производят тепло, которое сразу же излучается в космос. Кто сомневается, что мало-помалу эта энергия тоже будет накапливаться для использования человеком? Множество химических реакций были, так сказать, потенциальными в молекулах нефти, в то время как энергия, которая могла бы их произвести, была потрачена впустую. Но благодаря деятельности человека эта энергия была направлена и использована для проведения химических реакций, ранее существовавших только в их возможности, и появились все вещества современной органической химии.

Таким образом, энергия человеческой деятельности была направлена на предотвращение или замедление прогресса в направлении рассеивания, или безвозвратной траты, космической энергии - излучения Солнца и движений Земли и Луны. Человеческая деятельность накопила доступную энергию. Разница в уровне воды между Ниагарой и порогами ниже отражает доступную механическую энергию. Несколько лет назад огромное количество этой энергии безвозвратно терялось в отходящем тепле каждые двадцать четыре часа: теперь она остается доступной для работы; и это количество сохраняемой работы значительно превышает человеческую энергию, которая была затрачена на возведение там гидроэнергетической установки.

Таким образом, процессы, изучаемые физикой и химией, являются необратимыми. Мы можем представить себе совершенно обратимый процесс, как в тепловой машине Карно, но это чисто интеллектуальная концепция, сформированная как предел серии операций, которые все ближе и ближе приближаются к идеальной обратимости. Это концепция, которая не имеет физической реальности — только руководство к рассуждению. С другой стороны, мы видим, что все происходящие в природе физические процессы необратимы и в своей сумме имеют тенденцию к полному истощению энергии. Механистическая биология выделяет физико-химические

процессы в функционировании организма и видит, что они соответствуют закону диссипации, а также закону сохранения энергии.

Однако организм в целом, то есть жизнь в целом на земле, не подчиняется закону рассеяния. То, что верно для изолированных процессов, на которые физиология разлагает жизнь, неверно для жизни. Во всех неорганических явлениях энергия становится недоступной для выполнения работы. Солнечное излучение, падающее на море и сушу, рассеивается в виде безвозвратного тепла, но, попадая на зеленые растения, накапливается в виде доступной химической энергии. Общим результатом существования жизни на земле в прошлом было накопление огромных запасов энергии в виде угля и других веществ. Благодаря этому деградация была замедлена. Всякий раз, говорит Бергсон, когда энергия спускается по наклонной плоскости, указанной законом Карно, и когда причина обратного направления может замедлить спуск, там мы имеем жизнь.

ГЛАВА III ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОРГАНИЗМА

Довольно продолжительное обсуждение последней главы было необходимо для того, чтобы показать, насколько принципы энергетики, установленные физиками, применимы к организму. Мы видели, что первый закон термодинамики применим именно так со всей его исключительностью. Чем тщательнее проводится физиологический эксперимент, тем больше его результаты соответствуют тем, которых требует теория. Верно, что относительно немногие экспериментальные исследования можно контролировать таким образом, но в тех, которые могут быть проверены расчетами (как, например, в хорошо известных калориметрических экспериментах), все, как правило, показывает, что точно такие же количества вещества и энергии поступают в организм в виде пищи, которые покидают его в виде излучаемого и проводимого тепла, в виде выполненной работы и в виде потенциальной химической энергии выделений. Даже когда мы не можем (как в большинстве исследований) применить критерий соответствия теории, мы убеждены, что закон сохранения выполняется со всей его строгостью.

Затем, когда появлялась возможность применить методы химии и физики к изучению организма, обнаруживалось, что происходящие процессы были химическими и физическими. Считалось, что вещество живого организма состоит из большого (хотя и ограниченного) числа химических соединений, отличающихся главным образом от тех, которые существуют в неорганической природе, своей большей сложностью. Было также замечено, что в живом веществе происходят физико-химические реакции, аналогичные или весьма сходные с теми, которые можно было бы изучить в неживом веществе. Таким образом, напрашивался вывод, что жизнь организма была всего лишь фазой в эволюции материи и энергии и ничем существенным не отличалась от физико-химической активности, которую можно было наблюдать в неживом мире.

Эти выводы были так хорошо изложены Хаксли в его знаменитой лекции “Физическая основа жизни” более сорока лет назад, что все последующие высказывания были просто повторениями этого тезиса в менее совершенной форме. Существование живой материи, по

словам Хаксли, зависело от предсуществования определенных химических соединений — углекислоты, воды и аммиака. Удалите любого из них из мира, и жизненным явлениям придет конец. Они являются предшественниками растительной протоплазмы, точно так же, как последняя является предшественницей животной протоплазмы. Все они представляют собой безжизненные субстанции, но при соединении при определенных условиях они дают начало сложному организму, называемому протоплазмой; и эта протоплазма проявляет явления жизни. Нет явного разрыва в ряду все более сложных соединений между водой, углекислым газом и аммиаком, с одной стороны, и протоплазмой - с другой. Мы решаем называть различные виды материи углеродом, кислородом, водородом и азотом и говорить об их активности как об их физико-химических свойствах. Почему же тогда мы должны иначе говорить о деятельности субстанции протоплазмы?

“Когда водород и кислород смешиваются в определенных пропорциях и через них пропускают электрическую искру, они исчезают, и на их месте появляется количество воды, равное по весу сумме их весов. Нет ни малейшего соотношения между пассивной и активной свойствами воды, а также между кислородом и водородом, которые дали ей начало. ... Мы называем эти и многие другие явления свойствами воды и без колебаний полагаем, что они каким-то образом являются результатом свойств составляющих воду элементов. Мы не предполагаем, что нечто, называемое “водоносностью”, вошло в оксид водорода и овладело им, как только он образовался, и направило частицы воды на их места в гранях кристалла или среди листов инея”.

“Меняется ли каким-либо образом ситуация, когда углекислота, вода и аммиак исчезают, а на их месте под влиянием ранее существовавшей протоплазмы появляется эквивалентная по весу материя жизни?”

“Это правда, что нет никакого равенства между свойствами компонентов и свойствами результата. Но ни того, ни другого не было в случае с водой. Верно и то, что влияние ранее существовавшей протоплазмы - это нечто совершенно непонятное. Но понимает ли кто-нибудь *принцип работы* электрической искры, которая проходит через смесь кислорода и водорода? Какое же тогда существует оправдание предположению о существовании в живой материи чего-то, что не имеет представителя или корреляции с неживой материей, которая его породила?”

Все исследования, проводившиеся более сорока лет, не оставляют ничего, что можно было бы добавить к этому утверждению о том, что во времена Хаксли называлось материалистической биологией. Тогда это было очень непопулярное заявление, но сейчас оно стало довольно модным. Пусть читатель сравнит это со всем, что говорилось и писалось с 1869 года, даже с заявлениями Британской ассоциации от 1912 года, и он обнаружит, что это выражает точку зрения механистической биологии гораздо лучше, чем все последующие переформулировки. Единственное различие, которое он обнаружит, заключается в том, что последние стали (как сказал Уильям Джеймс об академической философии) довольно замызганными. Их так часто доставали и показывали любознательной публике, что каждая демонстрация отнимала у них что-то от их свежести.

Теперь пример Хаксли настолько хорошо подводит к рассмотрению различий между химической активностью организма и активностью неорганической материи, что мы можем

рассмотреть его несколько подробнее. В чем же тогда *заключается* разница между взрывом смеси кислорода и водорода и фотосинтезом крахмала зеленым растением?

В случае синтеза воды мы имеем пример экзотермической химической реакции. Мы должны думать о смеси кислорода и водорода как о существующей в состоянии “ложного равновесия”. Ее можно сравнить с грузом, покоящимся на наклонной плоскости.



Рис. 8.

Предположим, что плоскость представляет собой лист гладко отполированного стекла, а груз - гладкий стеклянный брусок. Наклоняя плоскость все больше и больше, будет найден угол, при котором малейший толчок запускает скольжение груза вниз. Теперь в случае взрывоопасной смеси кислорода и водорода у нас есть химический аналог. Либо газы вообще не соединяются при обычной температуре, либо они соединяются “бесконечно медленно”. Но малейший импульс, электрическая искра, требующая почти бесконечно малого количества энергии, запускает соединение газов, и это продолжается до тех пор, пока все не превратится в водяной пар. В ходе этой реакции выделяется большое количество энергии в виде тепла. Это тепло преобразуется в кинетическую энергию частиц воды, которые конденсируются из пара, образуя водяные капли. Энергия, которая была потенциальной во взрывоопасной смеси и которая была способна выполнять работу, все еще существует в виде кинетической энергии образовавшейся воды, но она стала недоступна для любого естественного процесса работы.

Мы видели, каков общий характер серии реакций, в ходе которых двуокись углерода и вода превращаются в крахмал; а затем он, сначала становясь растворимым и связываясь с аммиаком или нитратом, поступающими в растение, превращается в протоплазму. Это реакция, которая отличается от только что описанной тем, что доступная энергия поглощается и накапливается и сохраняет способность выполнять работу. Это не реакция, которая может быть инициирована бесконечно малым стимулом, но такая, при которой для того, чтобы это могло произойти, требуется ровно столько энергии, сколько представлено в энергии, которая становится потенциальной в созданном живом веществе. Первая реакция - это реакция, которая может произойти *сама по себе*; ¹⁷ другая реакция требует компенсационного преобразования энергии, чтобы она могла произойти. В первой реакции энергия рассеивается; во второй она накапливается.

Таким образом, мы переходим к рассмотрению второго принципа энергетике и его ограничений, но прежде чем приступить к этому обсуждению, мы должны рассмотреть природу деятельности организма.

Под термином “метаболизм” мы понимаем совокупность физико-химических изменений, происходящих в живом веществе организма. В трудах по физиологии мы обычно находим описание двух категорий метаболических изменений: (1) анаболические процессы, в ходе

которых простые химические соединения, обладающие относительно небольшим количеством энергии, превращаются в гораздо более сложные вещества, содержащие относительно большое количество доступной энергии и, следовательно, способные выполнять работу. Преобразования, составляющие анаболическое изменение, должны сопровождаться соответствующими компенсаторными преобразованиями энергии, чтобы учесть энергию, которая становится потенциальной в образующихся веществах. Образование крахмала из углекислого газа и воды зеленым растением является таким анаболическим изменением, а компенсаторным преобразованием энергии является поглощение клетками растения излучения эфира. Еще одним анаболическим изменением в растительном организме является образование амидосубстанций из аммиака или нитратов, поглощаемых почвой, и из растворимых углеводов, образующихся из крахмала, вырабатываемого в зеленых клетках.

Типичная активность организма, содержащего хлорофилл, имеет такую природу; она является анаболической. Организмом может быть зеленое наземное растение; морская зеленая, красная или коричневая водоросль; желто-зеленая диатомовая водоросль, желтая, зеленая, красная или коричневая перидиния или другое голофитное простейшее; асцидия, моллюск, иглокожая, полизоан, червь или коралл, содержащий "симбиотические водоросли" (то есть хлорофиллсодержащие клетки какого-либо растительного организма, которые стали ассоциированными с животным и включены в его ткани). Во всех этих случаях присутствие этого хлорофиллового вещества придает организму способность осуществлять компенсаторное преобразование энергии, с помощью которого углекислый газ и вода превращаются в крахмал. В чем заключается это превращение и каковы этапы, на которых диоксид углерода и вода превращаются в углеводы, мы точно не знаем. Солнечное излучение, попадающее на неорганическое вещество, частично отражается, а частично поглощается. Поглощенная фракция может трансформироваться таким образом, что вещество становится фосфоресцирующим, или она может преобразовываться в химическую энергию, как при падении света на фотопластинку, но, как правило, она преобразуется в тепло. Однако в зеленом растении преобразование излучения в тепло не происходит — по крайней мере, нагрев очень мал - и оно прямо или косвенно переходит в потенциальную химическую энергию синтезируемого крахмала. Мы должны рассматривать эту способность поглощать излучение и использовать его в компенсаторных преобразованиях как общую характеристику протоплазмы. Это правда, что в настоящее время он специализируется на клетках, содержащих хлорофилловые тельца, но есть указания на то, что он может присутствовать в тканях животного, лишенных хлорофилла.

В организме животного происходят и другие анаболические превращения. Пищевые продукты, которые всасываются из кишечника, представляют собой вещества, подвергшиеся диссоциации, природа которых такова, что делает их способными к всасыванию и восстановлению. Эти анаболические изменения у высших животных исключительны, и их полезность заключается в том факте, что с их помощью вещества становятся способными транспортироваться тканевыми жидкостями организма.

(2) Катаболические изменения в организме животных соответствуют по частоте возникновения анаболическим изменениям в растительном организме. В них сложные химические вещества претерпевают превращение в относительно простые вещества, а содержащаяся в них энергия

при этом претерпевает параллельное преобразование, переходя в форму тепловой и механической энергии, при этом часть рассеивается. Поступающие в пищеварительный тракт продукты расщепляются таким образом, но в очень ограниченной степени. Белки подвергаются диссоциации или разложению на амидосодержащие вещества, в то время как жиры диссоциируются на жирные кислоты и глицерин. Несомненно, в этих процессах энергия рассеивается, не служа никакой другой цели, кроме нагревания содержимого пищеварительного тракта, но это преобразование энергии не было разработано полностью, и возникает вопрос, обязательно ли при наличии здорового животного и совершенного корма какая-либо энергия терялась бы во время процессов пищеварения. Реакции, участвующие в последнем, не относятся к категории химических изменений, переходящих от сложного к простому с выделением энергии; но, по-видимому, скорее включают перегруппировку составляющих сложной молекулы, процесс, в котором содержащаяся энергия не обязательно претерпевает количественные изменения. Эти процессы связаны с действием *ферментов*.

Ферменты играют большую роль в современной физиологической теории, и мы должны рассмотреть их в деталях. Давайте придадим конкретное значение общему понятию ферментативной активности, рассмотрев явления, известные как *катализ*. Металлическая платина может быть доведена до очень тонкой стадии разделения, когда она известна как платиново-черная. В этом состоянии она вызывает реакции в химических смесях или веществах, которые в противном случае не происходили бы: смесь кислорода и водорода взрывается при контакте с платиновой сажей, и воспламеняется смесь угольного газа и воздуха - реакция, которая используется в маленьком газовом осветительном приборе, который видели большинство людей. Если, опять же, пропустить мощный электрический ток между платиновыми проволоками, расположенными на небольшом расстоянии друг от друга и погруженными в воду, металл отрывается от концов проволоки в виде неосязаемого порошка, коллоидной платины. Жидкость, содержащая этот коллоид, тогда обладает способностью вызывать химические изменения в других веществах, изменения, которые в противном случае не произошли бы или, по крайней мере, происходили бы очень медленно.

В общем, такие катализаторы, например, платиновая сажа или коллоидная платина, обладают следующими характеристиками: (1) небольшого количества достаточно, чтобы вызвать изменение большого (теоретически бесконечного) количества вещества, на которое воздействуют; (2) природа и количество катализатора остаются в конце теми же, что и в начале реакции; (3) катализатор не запускает реакцию в каком-либо другом веществе или субстанциях, он может влиять только на скорость, с которой может протекать эта реакция: по-видимому, в некоторых случаях он запускает реакцию, но в таких случаях мы предполагаем, что последняя протекает настолько медленно, что это незаметно; (4) катализатор не влияет на конечное состояние реакции; это зависит только от природы взаимодействующего вещества или веществ; (5) на конечное состояние не влияют ни природа, ни количество катализатора: это одно и то же, если мы используем разные катализаторы или большое или малое количество одного и того же катализатора. Наконец, оказывается, что явления катализа универсальны: "Вероятно, нет такой химической реакции, - говорит Оствальд, - на которую нельзя было бы повлиять каталитически, и нет вещества, элемента или соединения, которые не могли бы действовать как катализатор".¹⁸

Таким образом, ферменты - это агенты, которые вырабатываются организмом и которые действуют, влияя (ускоряя или замедляя) химические реакции. Фермент как таковой не

обязательно должен существовать в ткани; он существует в виде *зимогена*, вещества, которое при необходимости может стать ферментом. Фермент не обязательно должен быть активным: может оказаться необходимым, чтобы он был “активирован” *киназой*, другим веществом, вырабатываемым в то же время. Со многими ферментами связаны *антиферменты*, вещества, которые отменяют то, что сделали соответствующие им ферменты. Наконец, некоторые, возможно, большинство, ферменты обратимы, то есть, если они вызывают изменение в определенном веществе, они также могут вызывать изменения противоположного рода: значение этого станет яснее немного позже. Мы говорили о ферментах как об “агентах” или “субстанциях”, но вовсе не уверены, что они являются определенными химическими соединениями. При приготовлении фермента биохимик получает жидкость, глицерин или другой экстракт, *который обладает каталитическими свойствами*. Настоящее каталитическое вещество, такое как платиновая сажа, не может быть получено из этой жидкости. Может быть получен белый порошок, но обычно он оказывается протеидным по составу; это не сам фермент, а примесь, связанная с последним. Очень большое количество ферментов, “выделенных” физиологами, скорее разрушило первоначальную простоту идеи активности ферментов и наводит на мысль о параллельном утверждении, сделанном Оствальдом о катализаторах: любое тканевое вещество может влиять на реакции, которые, возможно, происходят в других тканевых веществах. Но в то время как чистая химия имеет дело с определенно известными химическими соединениями в явлениях катализа, нельзя сказать, что это относится к физиологии, имеющей дело с ферментами. Рассуждая по аналогии, мы можем сказать, что, вероятно, ферменты представляют собой определенные протеиды или родственные им химические вещества, но это не было четко продемонстрировано, и возможно, что явления активности ферментов могут относиться к какой-то другой категории энергетических преобразований.

Как бы то ни было, концепция полезна для описания реакций организма, и ее можно проиллюстрировать, рассмотрев переваривание и всасывание жира в кишечнике млекопитающих, процесс, который, по-видимому, более известен, чем переваривание белков. Нейтральный жир состоит из радикала кислоты, например, олеиновой, пальмитиновой или стеариновой кислот, соединенных с глицерином. Действие ферментов поджелудочной железы или кишечника заключается в расщеплении этой жирной соли. Запишем формулу последнего как $G F$, G - глицериновое основание, а F - жирная кислота; тогда



это означает, что фермент может вызывать диссоциацию нейтрального жира на глицерин и жирную кислоту. Это действие будет продолжаться до тех пор, пока не будет достигнуто состояние равновесия, при котором имеется определенное количество каждой из корешков и определенное количество неизмененного нейтрального жира, причем соотношение всего этого друг к другу зависит от различных факторов. Когда достигается это состояние равновесия, фермент действительно продолжает расщеплять больше нейтрального жира, но это *обратимый* фермент, и он также заставляет уже расщепленные глицерин и жирные кислоты рекомбинировать, образуя нейтральный жир. Таким образом, достигается условие, при котором состав смеси остается постоянным.

Теперь после еды в кишечнике остается диссоциированный жир, но в стенке кишечника есть только нейтральный жир. Сам жир не может проходить через клетки, образующие стенку кишечника, но глицерин и жирные кислоты, на которые он диссоциируется, могут проходить таким образом, поскольку они растворимы в жидкостях кишечника. Мы предполагаем, что клетки стенки кишечника также содержат фермент, расщепляющий жир; этот фермент в клетках действует на глицерин и жирные кислоты сразу же, как они попадают, и снова рекомбинирует эти корешки в нейтральный жир, приведенное выше уравнение теперь читается справа налево. Но через некоторое время эта реакция в клетках также начнет разворачиваться вспять, поскольку фермент начнет расщеплять синтезированный нейтральный жир, когда будет достигнуто состояние химического равновесия в новых условиях. Затем жирные кислоты и глицерин диффундируют из клеток в соседний лимфоток или кровоток — возможно, нейтральный жир также перейдет из клеток в эти жидкости, мы не уверены. В любом случае лимфа и кровь после еды, содержащей много жира, переполнены мельчайшими жировыми шариками. Но почему в крови нет жирных кислот или глицерина, ведь последний также содержит липазу (фермент, расщепляющий жир)? Объяснение, по-видимому, заключается в том, что либо вырабатывается антифермент, либо фермент переходит в *зимоидное* состояние. Почему также жир накапливается в тканях? Здесь, опять же, следует предположить, что активность фермента, который, исходя из других соображений, мы можем рассматривать как универсально присутствующий почти повсюду в организме, каким-то образом подавляется.

Концепция катализатора, которую мы можем изучать в чистой химии, таким образом, значительно продвинула нас в описании процессов переваривания, абсорбции и ассимиляции. Мы применили это к случаю переваривания жира, но почти такая же общая схема может быть применима и ко многим другим процессам в организме. Очевидно, что это позволяет нам описывать эти процессы в терминах физико-химических реакций, но мы не можем не видеть, что в конечном итоге мы вынуждены предположить существование реакций, которые не были включены в первоначальную концепцию — активацию фермента в нужный момент киназой, действие антифермента и проникновение фермента в зимоиду. Почему все происходит именно так, как происходит, мы не знаем, но вся проблема переносится на эти реакции.

Точно так же мы применяем чисто физические процессы осмоса и диффузии жидкостей к циркуляции веществ в организме животного. Природа этих процессов, вероятно, знакома читателю, тем не менее, возможно, будет полезно напомнить ему, что поддиффузией мы понимаем прохождение жидкости, содержащей некоторое вещество в растворе, через мембрану; а под осмосом — прохождение растворителя (но не растворенного в нем вещества) через “полупроницаемую мембрану”. Молекулы растворителя (например, воды) проходят через мембрану (стенку капилляра или лимфатического сосуда), но молекулы вещества (например, соли), растворенного в растворителе, не проходят. Предположим, что в кровоток вводится крепкий раствор обычной соли в воде: происходит осмос, вода из окружающих лимфатических пространств переходит в кровоток, потому что концентрация соли там выше, чем в лимфе. Пока это происходит, стенки капилляров действуют как полупроницаемые мембраны, позволяя проходить молекулам воды, но не молекулам соли. Однако очень скоро процесс осмоса сменяется процессом диффузии, и молекулы соли проходят через стенку капилляра в лимфу и выводятся из организма.

Несомненно, чисто физические процессы диффузии и осмоса происходят по всему организму животного и являются средствами, посредством которых пищевые материалы, секреторные и

выделительные вещества транспортируются из крови в лимфу или *наоборот*, из лимфы в клеточное вещество или в полости желез и так далее. Но дело также в том, что в очень многих процессах важную роль играет активность самих клеток. Может даже случиться так, что конкретный процесс, после того как будут приняты во внимание все физические факторы, сведется к этому действию клеток. Чтобы понять это, мы должны рассмотреть механизм работы какого-нибудь хорошо известного органа, и наилучшим возможным примером такого органа, рассматриваемого как механизм, является подчелюстная слюнная железа млекопитающего.

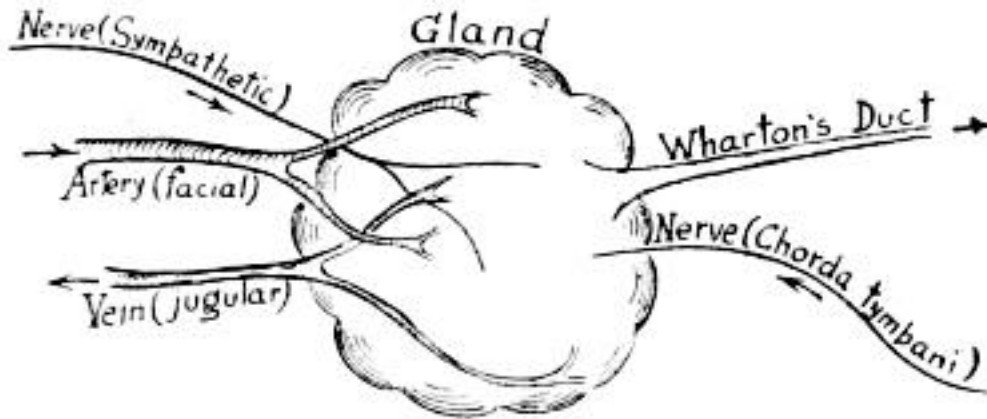


Рис. 9.

Что же тогда это за механизм и как он действует? Железа представляет собой сложную трубчатую железу, ее внутренняя полость продолжается в проток, который открывается в рот. Слюна, приготовленная в железе, выходит из этого протока. Кровь доставляется к железе ответвлениями лицевой артерии и, после циркуляции по ней, уносится яремной веной. Железу снабжают два нерва: один - барабанная перепонка, ветвь черепно-мозгового нерва, а другой - симпатический нерв. Лимфа также покидает железу по небольшому сосуду.

Теперь предположим, что мы выявили весь этот механизм у живого животного и проводим над ним эксперименты. Если мы стимулируем барабанную перепонку, появляется обильный поток жидкой слюны, но если мы стимулируем симпатический отдел, то поток густой вязкой слюны становится менее обильным. Почему это? При более тщательном анализе мы обнаруживаем, что хорда содержит волокна, которые расширяют мелкие артерии настолько, что увеличивается приток крови через железу; но, с другой стороны, симпатическая железа содержит волокна, которые сужают артерии, что приводит к уменьшению притока крови. Это объясняет тот факт, что "хорда-слюна" обильная и жидкая, в то время как "симпатическая слюна" скудная и густая. Одно время считалось, что хорда содержит волокна, которые стимулируют железу вырабатывать водянистую слюну, в то время как симпатическая содержит волокна, которые стимулируют ее вырабатывать слизистую слюну. Однако это не так. Оба нерва содержат один и тот же тип секреторных волокон: другие их волокна отличаются главным образом тем, что они по-разному воздействуют на артерии.

Возможно, дело в том — действительно, одно время считалось, что это так, — что выделение слюны было просто вопросом кровотока: обильное артериальное кровообращение приводило к обильному выделению слюны, а скудное - к скудному выделению слюны. Несомненно, секреция зависит от кровоснабжения, но не *исключительно*. Если бы это было так, то весь процесс можно было бы представить как очень простой механический — фильтрацию или

диффузию слюны из кровотока через тонкие стенки кровеносных сосудов и канальцев в полость железы. Если бы это было так, то жидкость в железе была бы такой же по составу и концентрации, как жидкая часть крови — плазма. Но на самом деле она отличается по составу и не такая концентрированная. Теперь осмотическое давление — на действии которого так много основано, не может нам помочь, поскольку жидкость в железе менее концентрирована, чем жидкость в кровеносных сосудах, так что вода должна проходить из железы в кровь, а не из крови в железу. Опять же, если мы перевяжем проток так, чтобы слюна не могла выйти, секреция все равно продолжается, хотя гидростатическое давление слюны в полости железы может быть значительно больше, чем давление жидкости в кровеносных сосудах. Опять же, если мы остановим кровоток, перевязав артерию, выделение слюны все еще может продолжаться какое-то время.

Следовательно, единственные физические механизмы, о которых мы можем думать, не объясняют секрецию. Последняя на самом деле представляет собой работу отдельных клеток, стимулируемую нервами. Если измерить объем железы непосредственно во время стимуляции ее секреции, то будет обнаружено, что орган становится *меньше*, однако во время стимуляции кровеносные сосуды расширяются, так что объем всей структуры должен увеличиваться. Очевидно, что часть вещества железы выводится через ее проток в виде секрета.

Если мы исследуем клетки железы в различных состояниях, мы ясно видим, что внутри них образуются гранулы из какого-то материала, отличного по природе от вещества самой протоплазмы. Очевидно, что эти гранулы набухают во время секреции и выводят свое содержимое в протоки. Можно наблюдать дальнейшие изменения в свойствах клеточного вещества и в ядре, и все это указывает на то, что протоплазма клеток в результате стимуляции вырабатывает определенные вещества; что затем эти вещества, так сказать, вымываются в проток за счет удаления воды из клетки; и что после этого клетка поглощает свежий питательный материал из лимфы, которая выделяется из кровеносных сосудов вместе с водой. Таким образом, отличительной частью всей цепочки процессов является переработка материала самими клетками; в то время как сопутствующие изменения в калибре кровеносных сосудов и в токе крови и лимфы являются второстепенными. В процессе секреции слюны энергия поглощается из химических веществ крови, чтобы обеспечить прохождение воды из области высокого в область низкого осмотического давления; кислород и азот, разумеется, с другими элементами, удаляются из артериального кровотока для целей секреции, а углекислый газ и другие вещества выделяются в венозную кровь и лимфу.

Проблема, таким образом, отодвигается от механических событий, происходящих в нервных процессах и процессах кровообращения, к физико-химическим событиям, происходящим в клетках канальцев желез; и, таким образом, она становится гораздо более неясной. Это правда, что мы можем сформулировать гипотезу, которая в некотором роде описывает эти внутриклеточные метаболические изменения в терминах физико-химических реакций, и, без сомнения, реакции такого рода должны происходить внутри клетки. Но если бы мы могли проверить любую подобную гипотезу так же легко, как предлагали механические, нашли бы мы ее более самодостаточной?¹⁹

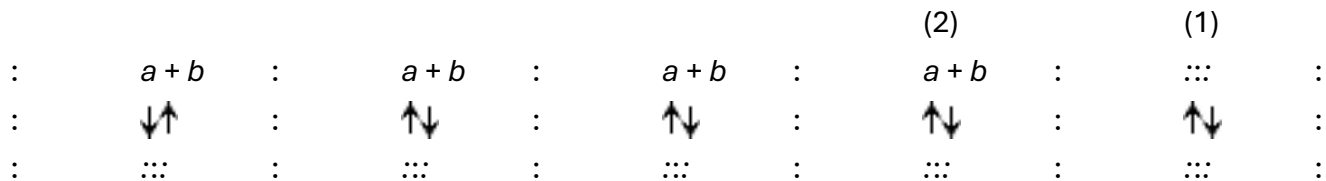
Раздражимость и сократительная способность являются общими свойствами организма. Эти свойства иллюстрируются раздражимостью *Амбы* или *Парамиксии* на раздражители многих

видов; движениями псевдоподий первого животного или ресничек последнего; нервной раздражительностью высшего животного и сокращением его мышц при стимуляции. Они относятся к числу фундаментальных свойств или функций живой протоплазмы, и их изучение представляет первостепенный интерес и подводит нас к самому центру проблемы жизнедеятельности организма. Естественно, физиологи никогда не прекращали попыток описать раздражимость и сократительную способность в терминах физики, но, хотя мы можем быть совершенно уверены, что вещи, которые действительно происходят при этих явлениях, являются контролируемыми физико-химическими реакциями, следует помнить, что то, что мы положительно знаем об их точной природе, чрезвычайно мало.

Какова природа нервного импульса? Когда стимулируется рецепторный орган, как, например, когда свет падает на колбочки сетчатки, или когда нагреваются нервные окончания в “горячей точке” на коже, или когда провода, передающие электрический ток, накладываются на обнаженный нерв, в нерве возникает импульс, исходящий из стимулируемого места, и мы должны предположить, что по нерву движется примерно такое же количество энергии, которое было передано рецептору или самому нерву стимулом минимальной силы. Как это происходит? Несколько фактов первостепенной важности вытекают из экспериментальной работы. (1) Импульс распространяется со скоростью, изменяющейся в определенных пределах, скажем, от 8 до 30 метров в секунду; (2) он распространяется быстрее, если температура повышается (до определенного предела).; (3) трудно продемонстрировать, что прохождение этого импульса сопровождается определенными химическими изменениями в нервном веществе: утверждается, что вырабатывается углекислый газ, но это определенно не доказано; (4) в результате стимуляции в нерве вырабатывается электрический ток; (5) тепло не вырабатывается или, по крайней мере, повышение температуры, если оно происходит, составляет менее 0,0002 °C.

Таким образом, совершенно очевидно, что физические изменения сопровождают распространение нервного импульса, поскольку последний имеет определенную скорость, которая зависит от температуры, и электрическое изменение также происходит в веществе нерва. Является ли это электрическое изменение фактическим нервным импульсом? Это маловероятно, поскольку скорость импульса намного меньше скорости распространения электрического тока по проводнику; кроме того, прохождение импульса не сопровождается измеримым выделением тепла, хотя поток электричества по плохому проводнику должен выделять тепло и рассеивать энергию. Это химическое изменение? Тогда мы должны иметь возможность наблюдать метаболизм в нервном веществе — то есть, если изменение энергии является термодинамическим, — хотя совсем не обязательно, что метаболические изменения действительно происходят. Тем не менее, представляется вероятным, что физико-химические изменения действительно распространяются, если мы рассмотрим химическую специализацию вещества оси-цилиндра нерва. Теперь скорость распространения нервного импульса того же порядка величины, что и скорость взрывного изменения химических веществ (используя термин “взрыв” для обозначения химических распадов, а не возгораний). Если мы представим себе длинный стержень с динамитом, или пикриновой кислотой, или длинную прядь неплотно набитой оружейной ваты, которая взрывается ударом с одного конца, то передача химического распада любого из этих веществ будет проходить вдоль стержня и т.д. Со скоростью, которая, несомненно, будет варьироваться в зависимости от физического состояния материала. Это была бы высокая скорость в динамитном стержне или расплавленной пикриновой кислоте, но меньшая скорость в рыхлой хлопчатобумажной нити или следе

порошка пикриновой кислоты. Это то, что происходит в нерве, когда по нему проходит импульс? Очевидно, что нет, поскольку вещество нерва заметно не изменяется, в то время как вещество взрывчатого вещества переходит в другие химические фазы. Таким образом, мы могли бы представить такое изменение в нервных волокнах как обратимое превращение какого—либо химического компонента:



Давайте представим, что вещество фибриллы состоит или, по крайней мере, содержит вещества $a+b$, которые обратимо диссоциируют на вещества $c+d$. В любой момент и в любом конкретном физическом состоянии столько же из a и b переходит в c и d , сколько c и d переходят в a и b . Наступит равновесие. Но теперь пусть стимул изменяет физические условия: до стимула фазой было $a_m + b_n = c_p + d_r$ — суффиксы m, n, p, r , обозначающие концентрации a, b, c и d — но после стимула фазой может быть $a_{m1} + b_{n1} = c_{p1} + d_{r1}$. Теперь элемент нервного вещества (1) образует систему с элементом (2). Условием в (2) является $a_m + b_n = c_p + d_r$, а условием в (1) является $a_{m1} + b_{n1} = c_{p1} + d_{r1}$, но эти два вместе теперь переходят в новое состояние равновесия, и это передается по всему нервно-волоконному волокну со скоростью, которая на порядок больше скорости химических изменений. Если стимул остается постоянным (например, постоянный электрический ток), то новое состояние равновесия будет установлено по всей длине фибриллы, и нервный импульс будет кратковременным (как это и есть в данном случае). Но если стимул является прерывистым (прерывистый электрический ток, световая вибрация, звуковая вибрация), то в промежутках восстановится прежнее состояние равновесия и нервный импульс будет прерывистым (как он есть). В целом при изменениях не было бы проделано никакой работы, за исключением той, которая осуществляется путем передачи измененного состояния равновесия веществу эффекторного органа, в котором заканчивается нервно-волоконистая ветвь, — веществу мышечного волокна или, например, клетке секреторной железы. Вероятно, имела бы место определенная диссипация энергии, как в случае распространения электрического импульса по плохому проводнику, но все наши знания о химии нервного волокна указывают на то, что эта величина диссипации имеет тенденцию к исчезновению.

Можно ожидать, что нечто аналогичное этому происходит в мышечном волокне, когда оно сокращается; за исключением того, что, конечно, в этом случае преобразуется энергия. Что именно происходит, мы не знаем, и в настоящее время ни одна физико-химическая гипотеза о природе мышечного сокращения точно не описывает все, что можно наблюдать за происходящим. Определенные положительные результаты, конечно, были получены при химическом и физическом исследовании сокращающихся мышц: углекислый газ выделяется в лимфу и кровоток, и его количество увеличивается, когда мышца выполняет большой объем работы; вырабатывается тепло, и оно тоже увеличивается по мере выполнения работы; расходуется гликоген и вырабатывается молочная кислота; наконец, требуется кислород, и активно сокращающейся мышце требуется больше кислорода, чем неподвижной. Теперь очевидная гипотеза, соотносящая все эти факты, состоит в том, что мышечное вещество окисляется и что вырабатываемое таким образом тепло преобразуется в механическую энергию. “Мы должны предположить, - говорится в недавно вышедшей книге по физиологии, -

что в мышцах имеется какой-то механизм, посредством которого энергия, высвобождаемая при механическом изменении, используется для создания движения, примерно так же, как тепловая энергия, вырабатываемая газовым двигателем, преобразуется механизмом в механическое движение”.

Должны ли мы теперь предполагать что-либо подобное? Начнем с того, что жизнь продолжается, и механическая энергия вырабатывается многими организмами, живущими в среде, не содержащей кислорода. Анаэробные организмы достаточно хорошо известны, и мы не можем предположить, что у них энергия вырабатывается за счет сгорания тканевого вещества во вдыхаемом кислороде. Мышца, удаленная у хладнокровного животного, будет продолжать сокращаться в атмосфере, не содержащей кислорода, и она будет продолжать вырабатывать углекислый газ. Это правда, что сокращения вскоре прекращаются, даже после продолжительной стимуляции в условиях, исключающих утомление мышцы, но прекращаются ли сокращения *потому, что* прекращается подача кислорода, или потому, что мышца умирает в этих условиях? Мы знаем, что при сжатии распадается какое-то сложное химическое вещество и вырабатываются механическая энергия и тепло, а также углекислый газ. Мы знаем, что углерод, содержащийся в последнем газе, примерно соответствует углероду, содержащемуся в мышечном веществе, которое подвергается распаду, но дает ли все это нам право утверждать, что это вещество окисляется для того, чтобы его потенциальная химическая энергия могла быть преобразована в механическую энергию? Очевидно, что нет, поскольку мы с таким же успехом могли бы предположить, что сложная метаболическая субстанция мышцы распадается на более простые вещества и что при этом преобразовании вырабатывается энергия. Предположим, что эти более простые вещества ядовиты и что они должны быть удалены так же быстро, как образовались. Роль кислорода может заключаться в их окислении, превращая таким образом в углекислый газ, безвредное вещество, которое может быстро уноситься с током крови. Этой точки зрения, согласно которой кислород играет противоядную роль, придерживаются в настоящее время некоторые физиологи, и многие соображения, по-видимому, подтверждают ее; например, существование "оксидаз", ферментов, которые производят окисления, которые в противном случае не происходили бы в их отсутствие. Такие ферменты существуют в очень многих тканях, и они, по-видимому, могут присутствовать в неактивной форме, требующей участия "киназы", прежде чем они смогут действовать.

Физиологи обычно придерживаются мнения, что мышечное волокно представляет собой термодинамический аппарат, преобразующий тепло, выделяемое в процессе метаболизма, в механическую энергию. Как осуществляется это преобразование? Нельзя сказать, что у нас есть какая-то одна гипотеза, более убедительная, чем другая. Было высказано предположение, что изменения поверхностного натяжения играют определенную роль или что тепло, выделяемое при окислении, заставляет волокно впитывать воду и укорачиваться. Энгельман изобрел искусственную мышцу, состоящую из нити кетгута и электрического тока, проходящего через катушку из проволоки, и с помощью этого он воспроизвел явления простого сокращения и столбняка. Но будущему исследованию предстоит проверить любую из этих гипотез.

Когда Хаксли опубликовал свою работу "*Физические основы жизни*", вероятно, мало у кого из физиологов были сомнения в том, что протоплазма представляет собой определенное химическое вещество, отличающееся от других органических веществ только своей гораздо большей сложностью. Но в 1880 году Рейнке и Родевальд опубликовали результаты анализа

вещества протоплазмы растений, и они, по-видимому, продемонстрировали, что вещество на самом деле представляло собой смесь ряда истинных химических соединений, а не одно определенное. Теперь все эти вещества могли бы существовать отдельно от протоплазмы и в безжизненной форме, и простая их смесь вряд ли могла бы вызвать жизненно важные реакции. За этими результатами последовало морфологическое изучение клетки — открытие архитектуры ядра и так далее, и поэтому мнение начало склоняться к гипотезе, что жизненные проявления протоплазмы были результатом ее *структуры*. Микроскопическое исследование клетки, по-видимому, выявило определенное расположение, например, “пену” Бутчли. Но, опять же, было легко показано, что пена, или альвеолярная структура протоплазмы, была просто выражением физических различий в веществах, составляющих клеточное вещество, — они сводились к явлениям поверхностного натяжения и тому подобному. Были созданы искусственная протоплазма и *Амбибы* — по крайней мере, были изготовлены смеси оливкового масла и различных других веществ, которые имитировали многие явления протоплазмы во многом таким же образом, как могут быть изготовлены кристаллические продукты, имитирующие рост стебля растения с его ветвями. Например, достаточно взболтать немного мыльной воды в колбе, чтобы увидеть, что удивительно напоминает расположение определенных видов соединительных тканей в организме. Очевидно, что эти искусственные явления не имеют ничего общего с живой субстанцией.

Однако, если мы растираем живую мышцу с небольшим количеством песка в ступке, мы действительно что-то разрушаем. Мышцу можно заставить сокращаться, но после распада эта способность теряется. Мы определенно разрушили какую-то структуру или механизм. Но, опять же, паста из мышечного вещества и песка все же обладает некоторой жизненной активностью, поскольку при определенных предосторожностях ее можно заставить проявлять многие явления ферментативной активности, проявляемые неповрежденными мышечными волокнами или даже всем организмом. Механический распад, таким образом, устраняет некоторые виды деятельности организма, но не все из них. Однако, если мы нагреваем мышечную пасту выше определенной температуры, остатки проявляемых ею жизненно важных явлений необратимо удаляются, так что нагревание разрушает механизм. Мы вряд ли можем представить, что это имеет место (по крайней мере, в обычных пределах температуры) в случае физического механизма, но опять же, механизм, который частично является химическим, может быть разрушен таким образом. Таким образом, мы видим, что протоплазма обладает механической структурой, но что вся ее жизнедеятельность не обязательно зависит от этой структуры. Полное проявление этих активностей зависит от протоплазматического вещества, обладающего определенным объемом или массой, а также от определенной химической структуры.

Если живая протоплазма имеет структуру, а не является просто смесью химических соединений, что же это тогда? В настоящее время в этой связи весьма актуальны две или три физико-химические концепции. Когда вещества, известные как *коллоиды*, были полностью исследованы химиками, большое внимание им уделили физиологи, так что жизнь называли “химией коллоидов”, точно так же, как после исследования ферментов это называли “химией ферментов”, а когда было обнаружено относительное содержание фосфора в ядрах клеток и в мозге, это называли “химией фосфора”. Коллоиды (*например*, клей) — это вещества, которые с трудом диффундируют через определенные мембраны, в отличие от кристаллоидов (*например*, раствор поваренной соли), которые с такой легкостью диффундируют. Они образуют растворы, которые легко обратимо желатинизируются, то есть могут снова стать жидкими (клей); или необратимо коагулируют, то есть не могут снова стать жидкими (белок); которые не имеют

определенной точки насыщения; которые обладают низким осмотическим давлением (и производными свойствами) и т.д.; и молекулы которых являются составными, состоящими из комбинаций молекул вещества с молекулами растворителя или друг с другом, то есть они представляют собой молекулярные агрегаты.

Коллоиды незаметно переходят в кристаллоиды, с одной стороны, и в грубые суспензии (например, воду, взбитую с мелким илом) - с другой. Мы можем заменить понятие коллоида понятиями “суспензоиды” и “эмульсоиды”. Суспензоид - это жидкость, содержащая частицы в состоянии тонкого разделения — если разделение заключается в разделении на отдельные молекулы, мы имеем раствор, если на крупные агрегаты молекул, мы имеем суспензию. Если вещество в жидкости само по себе является жидкостью, то все это называется эмульсоидом. С одной стороны, это похоже на смесь масла с мылом и водой — эмульсию, а с другой стороны, на такую смесь, как взбитый с водой хлороформ, когда капли хлороформа легко соединяются вместе, образуя два слоя жидкости (хлороформ и вода). Таким образом, то, что мы видим в протоплазме, представляет собой вязкую субстанцию, обладающую определенной структурой и содержащую в своей массе специализированные протоплазматические тела (ядра, ядрышки, гранулы различных видов, хлорофилл и другие пластиды и т.д.). Она может содержать или демонстрировать суспензоидные или эмульсоидные части или вещества, или она может содержать действительно кристаллоидные растворы. Эти фазы его составляющих не фиксированы, а переходят друг в друга в процессе его деятельности. Ничто из того, что мы знаем о нем, не дает нам права говорить о “живом химическом веществе”. При анализе мы обнаруживаем, что это смесь настоящих химических веществ, а не само вещество. Бесполезно говорить, что для анализа мы должны уничтожить его, поскольку то, что мы можем наблюдать в нем, не разрушая его структуру или активность, указывает на то, что он химически гетерогенен.

Это не учебник общей физиологии, и выбранные нами примеры физико-химических реакций в организме приведены для того, чтобы показать, в какой степени химические и физические методы, применяемые физиологами, преуспели в регулировании деятельности организма. Вопрос для нашего рассмотрения заключается в следующем: полностью ли эти результаты физико-химического анализа описывают функционирование организма? Догматический механизм говорит “да” без обиняков.

Теперь ясно, даже из нескольких типичных примеров, которые мы привели, что физиологический анализ действительно показывает разложение деятельности организма на химические и физические реакции. Как могло быть иначе? Как химические и физические методы исследования могли дать что-либо иное, кроме химических и физических результатов? Тот факт, что эти методы *могут* применяться для изучения организма с постоянными результатами, показывает, что их применение обоснованно; что мы вправе наблюдать физико-химическую активность в жизни. Но являются ли эти результаты *всем*, чего у нас есть основания ожидать?

Теперь мы обратимся к плодотворному сравнению Бергсоном физиологического анализа организма с действием кинематографа. Если мы сделаем серию фотографических снимков, *например*, бегущей рысью лошади, а затем наложим эти снимки друг на друга, мы создадим полное подобие скоординированных движений конечностей животного. Однако все, что содержится в моделируемом движении, - это неподвижность. Из последовательности статических условий мы, по-видимому, создаем поток. И все же, если бы мы могли сократить

нашу продолжительность, *например*, до недели, соответствующей пяти минутам, — если бы мы могли ускорить нашу перцептивную активность, — разве мы не должны были бы видеть кинематографические картинки такими, какие они есть на самом деле, — серию неподвижных поз и ничего более: поистине иллюзию? Если, опять же, мы изменим направление движения фильма на противоположное, мы интегрируем наши моментальные снимки в нечто, абсолютно отличное от реальности, которую они изначально представляли; и с помощью таких приемов становятся возможными иллюзии и парадоксальные эффекты киношных фарсов. Что ж, тогда при физиологическом анализе деятельности организма разве мы не делаем нечто очень аналогичное этому? Сложность даже простейшей функции животного такова, что мы можем уделять внимание только одному или двум ее аспектам одновременно, произвольно пренебрегая всем остальным. Мы находим, что гидростатическое давление крови и лимфы, а также секреция, осмотическое давление, диффузионная способность, сосудодвигательные действия и другие факторы должны быть исследованы при рассмотрении вопроса о том, как подчелюстная железа выделяет слюну. Одна или как можно больше из этих реакций исследуются одновременно, а затем результаты складываются воедино — интегрируются — для того, чтобы воспроизвести полную активность всего неделимого процесса. Но не привносим ли мы при этом нечто новое — *направление* или порядок происходящего — в элементы диссоциированной активности организма? Каждый элементарный процесс должен происходить в нужное время.

Какое право мы имеем говорить, что деятельность организма *состоит* из физико-химических элементов? Точно так же, как мы говорим, что кривая состоит из бесконечно малых прямых. Давайте воспользуемся иллюстрацией Бергсона с несущественной модификацией.

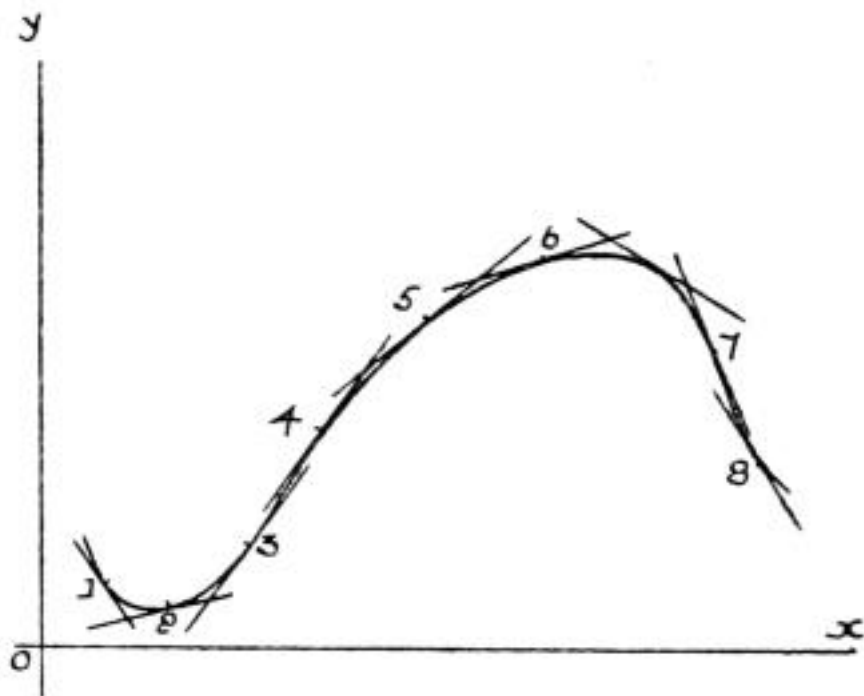


Рис. 10.

Кривая 1-8 - это линия, которую мы рисуем от руки одним неделимым движением руки, предплечья и глаза. Это нечто уникальное и индивидуализированное, поскольку никакая другая кривая, когда-либо нарисованная подобным образом, в точности не напоминает ее. Давайте исследуем это математически. Мы можем выделить очень маленькие его части — элементы, которые мы можем назвать ими, — и каждый из этих элементов, если он достаточно мал, не будет *ощутимо* отличаться от прямой линии. Давайте проведем каждую из этих прямых в обоих направлениях, тогда это будет касательная к кривой, и она действительно совпадет с кривой в одной математической точке — точках 1-8 на рисунке. Тогда касательная имеет *что-то общее с кривой*, но будет ли серия бесконечно малых касательных воспроизводить кривую? Очевидно, что нет, поскольку уравнения касательных имели бы вид $ax+b$, в то время как уравнения самой кривой были бы совершенно иными, содержащими x как степени от x или как трансцендентные функции от x . В этом исследовании нам удастся получить производные кривой, и чтобы воспроизвести последнюю из ее элементов, мы должны интегрировать производные; то есть должна быть выполнена другая операция, отличающаяся по своему характеру от нашей аналитической. Теперь в этой иллюстрации мы, несомненно, имеем нечто большее, чем аналогию с нашим физико-химическим анализом жизни. Деятельность организма действительно сводится к биохимической (элементарные прямые линии на кривой), и каждая из этих реакций имеет что-то общее с жизнью (она касается жизни, соприкасаясь с ней в одной точке). Но если мы попытаемся воссоздать жизнь из ее физико-химических производных, мы должны интегрировать последние, и при этом мы выходим за рамки физики, точно так же, как при интегрировании математической функции мы обязательно вводим понятие “бесконечно малого”.

Таким образом, физико-химические реакции, на которые мы разделяем любую жизненно важную функцию организма, каждая из них имеет нечто общее с этой жизненно важной функцией. Но их простая сумма не является функцией. Чтобы воспроизвести последнюю, мы должны обеспечить координацию и дать направление этим реакциям. Во всех физиологических исследованиях мы продвигаемся в определенном направлении с совершенным успехом; таким образом, элементами, так сказать, функции секреции слюны являются (1) кровяное давление, (2) гидростатическое давление секрета в просветах канальцев желез, (3) способность веществ, растворенных в крови и лимфе, проникать через стенки этих сосудов, (4) осмотическое давление тех же веществ и (5) стимуляция клеток железы “секреторными нервными импульсами”. Проведенные исследования — а ни одна часть физиологии млекопитающего не изучалась так терпеливо, как слюнная железа, — пока не позволяют полностью описать функцию в терминах этих элементов. В конце концов, мы должны отнести секрецию к внутриклеточным процессам, а затем мы снова начинаем ссылаться на процессы осмотического давления, диффузии и так далее в связи с образованием капель секрета, которые, как мы видим, образуются в клетках железы. Мы вынуждены сформулировать логическую гипотезу относительно природы этих внутриклеточных процессов, и поскольку многое из того, что происходит в клеточном веществе, пока находится за пределами физико-химических исследований, нашу гипотезу будет так же трудно опровергнуть, как и проверить.

Вернемся теперь к сравнению Хаксли активности зеленого растения с химической реакцией, которая происходит при пропускании электрической искры через смесь кислорода и водорода. Лекция о “Физических основах жизни” была опубликована в 1869 году; в 1852 году Уильям

Томсон опубликовал свою статью “Об универсальной тенденции природы к рассеянию энергии”, а за год или два до этого Клаузиус применил закон Карно к кинетической теории теплоты: таким образом, второй принцип энергетике уже тогда был точно сформулирован, но его значение для биологических спекуляций было признано Хаксли не больше, чем оно вообще признавалось большинством биологов с 1869 года. Что же тогда показывает сравнение Хаксли? Очевидно, что физические изменения, происходящие при взрыве смеси кислорода и водорода, *имеют тенденцию* в направлении, отличном от тех, которые происходят при фотосинтезе в зеленом растении, в том числе крахмала. Вообще говоря, химическая активность, то есть возможность протекания химических реакций, является случаем второго закона энергетике. Энергия переходит из состояния с высоким потенциалом в состояние с низким потенциалом. Если такое изменение потенциала возможно, произойдет химическая реакция.

При всех таких изменениях энергия рассеивается. Что именно это означает? Это означает, что, вообще говоря, потенциальная энергия химических соединений имеет тенденцию преобразовываться в кинетическую энергию; в то время как различия в коэффициенте интенсивности кинетической энергии тел, образующих систему, имеют тенденцию становиться минимальными. В смеси кислорода и водорода присутствует энергия двух видов: (1) потенциальная энергия, обусловленная положением молекул (молекулы О и Н разделены); и (2) кинетическая энергия молекул (которые перемещаются в массах газа). После взрыва потенциальная энергия, полученная при разделении молекул О и Н, исчезла (молекулы объединились с образованием воды), но кинетическая энергия значительно возросла, поскольку взрыв приводит к образованию пара при высокой температуре. Но теперь этот пар отдает тепло соседним телам или охлаждается при непосредственном контакте с оболочкой, которая его содержит. Таким образом, энергия взрыва распределяется между соседними телами, и температура последних повышается. Но они снова излучают и передают тепло другим телам, и таким образом генерируемое тепло рассеивается бесконечно.

Таким образом, общим следствием всех физико-химических изменений является выделение тепла, и затем это тепло имеет тенденцию распределяться по всей системе тел, в которых происходят физико-химические изменения. Энергия переходит в состояние кинетической энергии, то есть движения молекул тел, которым передается тепло. Это молекулярное движение наименьшее в твердых телах, большее в жидкостях и наибольшее в газах. Если твердые тела, жидкости и газы находятся в контакте, образуя сложные системы, кинетическая энергия их молекул распределяется определенным образом, в зависимости от констант систем. После этого перераспределения кинетическая энергия этих молекул становится недоступной для дальнейших энергетических преобразований, так что явления или изменения в системе прекращаются. Между частями системы больше нет эффективного физического разнообразия.

Мы обнаруживаем, что эта концепция рассеивания энергии не может быть применена к организму, по крайней мере, не в той степени, в какой она применима к физическим системам. Почему? Не потому, что эта концепция несостоятельна, или потому, что физико-химические реакции, происходящие в материале организма, отличаются от тех, которые происходят в неорганических системах, — они того же порядка. Второй закон энергетике подвержен ограничениям, и именно потому, что он применяется к органическим явлениям без учета этих ограничений, он не описывает деятельность организма так же хорошо, как деятельность неорганической природы.

В чем же тогда заключаются эти ограничения? Прежде всего, мы отмечаем, что законы термодинамики применимы к телам определенного диапазона размеров; или, по крайней мере, возможность математического исследования (от которого, конечно, все зависит) ограничена "дифференциальными элементами" массы, энергии и времени. Мы не можем применять математический анализ к телам или временным интервалам "конечного размера", поскольку методы дифференциального и интегрального исчисления были бы неприменимы строго. Но молекулы настолько малы (1 кубический сантиметр газа может содержать около $5,4 \times 10^{19}$ из них), что даже такая крошечная часть тела, жидкости или газа, которая приближается к бесконечно малым размерам, требуемым математическим анализом, содержит огромное количество молекул.

Очевидно, что мы не можем исследовать отдельные молекулы. Даже если бы можно было применить экспериментальные методы, такие понятия, как плотность, давление, объем или температура, не имели бы никакого значения. Таким образом, физика основана на совокупностях молекул, и свойства тела не совпадают со свойствами молекулы того же тела. Такие понятия, как температура и давление, являются *статистическими* и применяются к средним свойствам большого числа молекул.

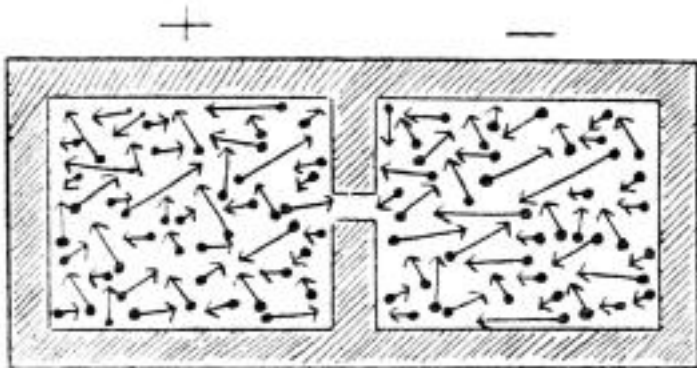


Рис. 11.

Мы можем лучше всего проиллюстрировать это, обратившись к знаменитой фантастике Максвелла о "демонах сортировки". Давайте представим массу газа, содержащуюся в сосуде, стенки которого не проводят тепло. Пусть в этом сосуде также имеется перегородка из непроводящего материала, и пусть в этой перегородке имеется отверстие, большее по площади, чем молекула, но меньшее, чем длина свободного пробега молекулы. Теперь эта масса газа имеет определенную температуру, которая пропорциональна средней скорости движения молекул. Второй закон гласит, что тепло не может передаваться из холодной области системы в горячую без воздействия на систему извне, и неравенство температур в массе газа или жидкости не может быть вызвано, за исключением аналогичных условий. Но "представьте себе существо, - говорит Максвелл, - способности которого настолько обострены, что он может следить за ходом каждой молекулы; такое существо, атрибуты которого все еще столь же существенно конечны, как и наши собственные, было бы способно делать то, что в настоящее время для нас невозможно".²⁰ Ибо температура газа зависит от скоростей молекул, и в любой части газа эти скорости очень различны. Предположим, что демон увидел приближающуюся молекулу, которая двигалась с гораздо большей скоростью, чем средняя: затем он открыл бы дверь в отверстие и позволил бы ей пройти от - до +. С другой стороны, если бы молекула,

движущаяся со скоростью, намного меньшей средней, приблизилась, он позволил бы ей перейти от $+$ к $-$. Таким образом, он бы отделил молекулы с высокой скоростью от молекул с низкой. Но столкновения между молекулами в любом отделении сосуда постоянно приводили бы к различию индивидуальных скоростей, и таким образом разница температур между $+$ и $-$ постоянно увеличивалась бы. Таким образом, тепло будет перетекать из области с низкой температурой в область с высокой без затрат эквивалентного количества работы.

Теперь мы не должны вводить демонологию в науку, поэтому, чтобы эта выдумка Максвелла не отдавала мистицизмом или чем-то столь же отвратительным, мы изложим идею, заключенную в ней, в совершенно безупречных выражениях. Выводы физики основаны на предположении, что мы не можем контролировать движения отдельных молекул. В массе газа, жидкости или твердом теле молекулы могут свободно двигаться и действительно движутся. Их индивидуальные скорости и свободные траектории значительно отличаются друг от друга. Эти движения и траектории нескоординированы - "хаотичны", если нам угодно их так назвать. Физика рассматривает только статистические *средние* скорости и свободные пробеги. Необратимость физических явлений, тот факт, что энергия имеет тенденцию рассеиваться сама по себе, второй закон термодинамики, зависят от предположения, что демоны Максвелла существуют только в воображении. Теперь мы должны обратиться к опыту. Нет *априорной* причины, по которой физические явления должны быть направлены в одну сторону, а не в другую, поскольку можно представить состояние нашей Вселенной, в котором, например, твердое железо плавилось бы при контакте с атмосферой. В таких условиях организмы росли бы в обратном направлении от старости к рождению, с сознательным знанием будущего, но без воспоминаний о прошлом. Опыт показывает, однако, что явления действительно имеют одну тенденцию — *но этот опыт относится к экспериментальной физике*, так что для последней науки демоны Максвелла не существуют. Теперь физиология позаимствовала у физики не только экспериментальные методы, но и фундаментальные концепции термодинамики. Следовательно, организм (так должна заключить физиология) не может контролировать движения отдельных молекул, и поэтому жизненно важные процессы необратимы. Но мы видели, что процессы земной жизни в целом обратимы или имеют тенденцию к обратимости. Поэтому мы должны искать доказательства того, что организм может контролировать, в противном случае, нескоординированные движения отдельных молекул.

Броуновское движение очень маленьких частиц вещества настолько знакомо биологу, что нам нет необходимости описывать его. Несомненно, это происходит из-за воздействия молекул жидкости, в которой взвешены частицы. Группы молекул, движущихся со скоростями, превышающими среднюю, ударяются о частицу то с одной стороны, то с другой, и таким образом вызывают своеобразную дрожь, которую Браун считал жизнью. Теперь частица должна быть меньше определенного размера, чтобы подвергнуться такому воздействию. Существуют ли организмы такого размера? Несомненно, так оно и есть, поскольку многие бациллы демонстрируют броуновское движение, в то время как у нас есть основания полагать, что существуют ультрамикроскопические организмы. Кроме того, согласно механистической гипотезе, существуют "биофоры", размер которых того же порядка, что и у молекул более сложных органических соединений. Все они должны подвергаться молекулярному воздействию жидкости, в которой они суспендированы. Могут ли они отличить удары молекул с высокой скоростью от ударов молекул со средней скоростью и могут ли они использовать избыточную энергию первых? Это было предложено физиками. В броуновском движении, говорит Пуанкаре, "мы почти видим демонов Максвелла в действии".

Это предположение носит не просто умозрительный характер, поскольку оно вполне укладывается в область эксперимента. Чтобы доказать это экспериментально, нам нужно всего лишь показать, что температура изолированной от тепла культуры прототрофных бактерий падает по мере размножения организмов.

Не странно ли, что биологи, которым броуновское движение так знакомо, не смогли увидеть его, возможно, огромного значения? Не странно ли, что биологи, которым так хорошо знакомо различие между статистическими и индивидуальными методами исследования, не смогли оценить это различие, когда оно было сделано физиками? Не странно ли, что, хотя мы видим, что большая часть наших человеческих усилий направлена на то, чтобы *направлять* природные силы и энергии по путям, по которым они в противном случае не пошли бы, мы все же не смогли подумать о примитивных организмах или даже об элементах тканей в телах высших организмов, обладающих также этой способностью направлять физико-химические процессы?

ГЛАВА IV ЖИЗНЕННЫЙ ИМПУЛЬС

Из обсуждения последних трех глав вытекают два основных вывода: (1) физиология не поощряет представлений о “жизненном принципе”, или силе, или форме энергии, присущей организму; и (2) хотя физиологический анализ сводит метаболизм организма растений и животных к физико-химическим реакциям, направление, которое они принимают, отличается от направления соответствующих реакций, происходящих в неорганических материалах. Следовательно, исходя из этих двух основных выводов, мы должны построить концепцию организма, отличную от концепции физико-химического механизма.

Обычный человек, незнакомый с результатами физиологического анализа и знающий только общие способы функционирования человеческого организма, вероятно, нисколько не сомневается в том, что он “оживляется” принципом или действием, не имеющим аналога в неорганическом мире. Это “естественный” вывод, а другой, что жизнь - это всего лишь результат физики и химии, должен показаться совершенно фантастическим тому, кто знает не больше, чем то, что сердце гонит кровь, что последняя “очищается” в легких, что желудок и печень выделяют вещества, которые переваривают пищу, и так далее. Современному изучающему биологию, насыщенному представлениями о биохимической активности, гелях, золях, коллоидах, обратимых ферментах, киназах и тому подобном, трудно осознать, что вера в жизненно важный фактор является интуитивной, и что механистическая концепция жизни является лишь результатом распространения на биологию *методов* исследований, а не законным выводом из их *результатов*.

Для анатома, эмбриолога и натуралиста, равно как и для физика, не знакомого с деталями физиологии, не меньше, чем для обычного человека, это, пожалуй, самое общее мышление. Вероятно, для кого-либо было бы невозможно изучать только органические формы и привычки и прийти к какому-либо иному выводу, кроме того, что организму присуще нечто, совершенно отличное от факторов, которые, например, формируют континенты, или дельты, или речные

долины. И этот вывод, вероятно, с еще большей силой пришел бы к эмбриологу, даже несмотря на то, что он все еще обладал общими знаниями в области физиологии.

Механистическая концепция жизни, без сомнения, была результатом успеха метода анализа. Ясно видно, что в той же мере, в какой физические и химические науки были наиболее плодотворными открытиями, физиология, опираясь на них и заимствуя их методы, была наиболее прогрессивной и механистичной.

Все механистические гипотезы организма восходят к Декарту, который опирался на работы Галилея и Харвея. Анатомия Везалия и его преемников не привела бы к таким представлениям, если бы открытия Коперника, Тихо и Кеплера не показали людям, что вселенная управляется механическим законом. Для такого мыслителя, как Декарт, одновременно являющегося философом и человеком науки, открытие Харвеем кровообращения должно было неотразимо натолкнуть на мысль о распространении механического закона на функционирование человеческого организма, и важно, что он сделал это расширение, не включив ни одной химической идеи, и все же выдвинул логическую гипотезу жизни, столь же удовлетворительную и завершенную в свое время, какой, например, была вейсмановская гипотеза наследственности в нашей.

Его гипотеза об организме была чисто механической. Говорили, что его организм был автоматом, подобным механической Диане из дворцовых садов, которая пряталась среди розовых кустов, когда нога любопытного незнакомца нажимала на скрытые в земле пружины. Его функции касались гидравлики: тепла, жидкостей и клапанов. Его физиология была галеновской, если не считать открытия Харвеем движения крови по кругообороту, поскольку он не принимал представление о сердце как о двигательном аппарате. Пища из кишечника всасывалась кровью в виде хилы и доставлялась в печень, где она наделялась "природными духами", а затем, проходя к сердцу, заряжалась "жизненными духами" благодаря пламени, или врожденному теплу, сердца и деятельности легких. Это пламя сердца, питаемое природными духами, расширяло и разрежало кровь, и расширение жидкости производило движение, которое, направляемое клапанами сердца и крупными сосудами, становилось кровообращением. Более разреженные части крови поднимались к мозгу и там, в желудочках, становились "животными духами".

Какими бы тонкими и разреженными они ни были, эти животные духи были жидкостью, подчиняющейся всем законам гидродинамики. Он содержался в желудочках головного мозга, и его поток регулировался точно так же, как вода в трубах и фонтанах садовых механизмов. Из мозга она вытекала по нервам, которые представляли собой тонкие трубки, сообщающиеся с желудочками и снабженные клапанами; и этот поток наружу соответствует нашему современному эфферентному нервному импульсу. Афферентный импульс был представлен действием осевых нитей, содержащихся в нервных канальцах. Когда стимулировалась сенсорная поверхность, эти нити натягивались, и это натяжение, воздействуя на стенку желудочка головного мозга, приводило к открытию клапана и позволяло животному духу течь по нерву ко всем частям тела, снабжаемым последним. В исполнительных органах, мышцах или железах этот приток животной энергии вызывал движение или другие эффекты. Вкратце, такова была физиология Декарта.

Он все испортил, говорит Хаксли, своей концепцией "рациональной души". Опасаясь участи Галилея, он ввел душу в свою философию организма как подачку Церберу Церкви. Это было

недостойно: жертва истины, которую он ясно видел. Вероятно ли, что Декарт намеренно сделал часть своей философии антагонистичной остальным, чтобы избежать порицания Церкви? Он был не из тех, кто бросается навстречу катастрофе, но убежденность в том, что в том, что он написал, заключено нечто великое и долговечное, должно быть, делала маловероятным то, что он стал бы торговать тем, что считал правдой.

Разумная душа была чем-то дополнительным к телесному механизму. Это была не часть тела, хотя и помещенная в шишковидную железу; это была часть мозга, которая своим изолированным положением и богатым кровоснабжением наводила на мысль о том, что в ней сосредоточена какая-то важная и таинственная функция. Его существование было связано с целостностью тела, и со смертью последнего душа покидала его. Но тело умерло не потому, что душа покинула его, скорее оно стало непригодным жилищем для души. Без последнего функции здорового тела все еще могли бы выполняться автоматически, и если бы душа влияла на действие, она приводила в действие существующий механизм, а без этого механизма оно не могло бы действовать, хотя механизм мог бы действовать и без души. Мысль, понимание, чувствование, воля, воображение, память - все это было прерогативой души, а не автоматического тела. Но движения последних, даже произвольные, зависели от правильного расположения органов, и без этого они были недостаточными или несовершенными.

Таким образом, к совершенному механизму Декарт присоединил спиритуалистическую и бессмертную сущность; и это, по сравнению с материализмом середины девятнадцатого века, было пятном на его философии. Из всех когда-либо живших людей он, вероятно, оказал самое глубокое влияние на современную мысль и исследования: нам то, что он написал, кажется странно современным, и это явно произвольное сочетание спиритуалистических и материалистических элементов в жизни кажется едва ли не самым современным в его произведениях. Бытие, сказал он, действительно было мыслью, но как он мог извлечь мысль из своего заводного тела с его клапанами, трубопроводами и проводами? Мы больше не можем извлекать сознание из волны молекулярного возмущения, проходящей через афферентные нервы и мозговые пути. Мы должны учитывать всю энергию этого возмущения, от его возникновения в рецепторном органе до его трансформации в волну химической реакции в мышце, и мы должны рассматривать его передачу как консервативный процесс. Но как возникает состояние сознания, сопровождающее прохождение через кору этого молекулярного нарушения? Ни одна из энергий нервного расстройства не была преобразована в сознание: последнее не является ни энергией, ни чем-либо физическим. Это нечто сопутствующее физико-химическим событиям, участвующим в нервном процессе, "эпифеномен". Мы должны представить себе "параллелизм" между механистическим телом и разумом. Но если мы признаем, что сознание может быть эффективным фактором в нашем поведении, то в чем разница между современными теориями физико-психического параллелизма и картезианской теорией рациональной души в сочетании с автоматическим телом? Декарт отрицал существование у животных, отличных от человека, разумной души; в последней не было необходимости. Но он, как и мы, должен был быть знаком с рефлекторными действиями и должен был видеть, что сознание не всегда ассоциировалось, даже у него самого, с телесной активностью. И он, должно быть, осознавал огромную разницу между разумными действиями человека и инстинктивным поведением низших животных. В человеке было что-то такое, чего не было в животных.

Таким образом, первая физиология, заимствовавшая свои идеи и методы у первой физики, была, подобно последней, механической наукой. После Галилея и Торричелли пришел Борелли со своими чисто механическими представлениями о движении животных и кровообращении, уже тогда привнеся математику в биологию. В этих рассуждениях не было никакой химии, хотя Бэзил Валентайн, Парацельс и Ван Гельмонт предшествовали Декарту и Борелли. Эта химия была мистической, и хотя химические реакции в организме изучались, предполагалось, что они контролируются духовными силами, “археями” первых биохимиков. Но этому представлению суждено было исчезнуть, и у Сильвиуса возникла концепция животного тела как химического механизма. Все, что было ценного в химии Ван Гельмонта, было подхвачено Сильвиусом, но, по его мнению, ферментаций химиков старшего поколения было достаточно самих по себе, без мистической “чувствительной души” и “архея”. При Сильвиусе и Мэйоу физиология стала основанной на химических открытиях и снова стала механистической, и оставалась таковой до времен Штала, когда химические открытия достигли своего наивысшего развития.

Семнадцатый век закончился работой Штала. Изучающим естественные науки хорошо известно, как взгляды этого великого химика стерилизовали химические исследования почти до времен Лавуазье. Представление о флогистоне как об активной составляющей материальных тел, входящей в них и покидающей их в ходе их реакций друг с другом, было ясным и простым, и оно послужило рабочей гипотезой для химиков, которые сразу же последовали за Шталем. Конечно, это была ложная гипотеза, которая задержала открытие до такой степени, что большая часть восемнадцатого века остается пустым местом для химии по сравнению с семнадцатым и девятнадцатым веками. Таким образом, лишенная стимула, который давали новые физико-химические методы исследования, физиология перестала поддерживать прогресс, достигнутый ею в течение предыдущего столетия, и единственным великим именем этого периода является имя фон Галлера. Сравнительная анатомия и зоологические исследования, с другой стороны, достигли огромных успехов, и для этих отраслей биологии восемнадцатый век был великим периодом. Это был период исторических виталистических взглядов — жизненных принципов, жизненных и формирующих сил. Учение Штала доминировало в физиологии так же, как и в химии. Химические и физические реакции происходили в живом теле точно так же, как и в неживой материи, но они контролировались и модифицировались душой, или жизненным принципом. Было сказано, что виталистическое учение Штала затормозило прогресс физиологии, но не кажется очевидным, что это было так. Что задержало физиологические открытия, так это отсутствие прогресса в химии и физике, и это, возможно, было результатом флогистической гипотезы Сталиана.

Как бы то ни было, кажется очевидным, что именно открытия великих химиков конца восемнадцатого века вновь привнесли механистические взгляды в физиологию. С открытиями Лавуазье и его преемников последняя наука приобрела новые методы исследования, и старые рабочие гипотезы были вновь представлены. В девятнадцатом веке не было отступления от этой позиции. Механистическая биология достигла кульминации в трудах Хаксли и Макса Верворна и обрела новую силу почти в наши дни благодаря современным открытиям физической химии; а когда физиология стала действительно сравнительной наукой и охватила низших беспозвоночных, она стала, пожалуй, наиболее механистичной — свидетельство тому труды Жака Леба.

Гораздо большее философское значение, чем физико-химическое исследование функционирования отдельных организмов, имеет по существу современное экспериментальное

изучение эмбриологических процессов. В первом случае речь идет, по существу, *осредствах* роста, воспроизводства и так далее. Мы больше не можем сомневаться в том, что изменения, которые мы можем наблюдать, происходящие в организме, будь то развивающийся эмбрион или полностью сформировавшееся животное, в конечном счете являются физико-химическими изменениями; и при окончательном анализе мы не можем ожидать обнаружить ничего иного, кроме процессов этой природы.

Но физиологические исследования не смогли дать ничего большего, чем этот анализ. Если мы понаблюдаем за развитием яйцеклетки животного в личиночную форму и продолжим проследивать метаморфозы личинки в совершенное животное, мы не можем не прийти к выводу, что, помимо протекающих индивидуальных физико-химических реакций, существует также *организация*. Элементарные процессы должны быть *интегрированы*. В них должен быть надлежащий порядок и последовательность. При изучении процессов развития, при рассмотрении развивающегося организма *в целом*, нас больше всего впечатляет представление о том, что не только происходят физико-химические реакции, но и что они, так сказать, *упорядочены* по месту. Когда мы пытаемся описать эту интеграцию тех предельных процессов, которые мы можем описать в терминах физической химии, физиология подводит нас. “В настоящее время, - говорит Морган, - мы не можем понять, как какие-либо известные принципы химии или физики могут объяснить развитие организмом или частью организма определенной *формы*”. Верно, что мы можем попытаться представить себе физико-химический механизм, представляющий собой организацию развивающегося эмбриона; но это должен быть логически сконструированный механизм, не только не поддающийся экспериментальной проверке, но и ложность которого также может быть продемонстрирована чисто физическими аргументами. Можно без преувеличения сказать, что этот вывод принадлежит современной экспериментальной эмбриологии.

Всегда существовали (и в наше время) две точки зрения относительно природы эмбриологического процесса: (1) что яйцеклетка содержала полностью сформированный организм в своего рода свернутом состоянии и что процесс развития состоял просто в развертывании (*эволюции*) этого эмбрионального организма и в увеличении объема его частей. Такова была гипотеза преформации, которой придерживались в начале эмбриологической науки. Это влекло за собой различные последствия: ограничение, например, продолжительности существования вида, поскольку каждое поколение женских организмов содержало в своих яичниках все будущие поколения; с другими последствиями, которые преформационисты принимали без колебаний. (2) Другой точкой зрения была более поздняя точка зрения на эпигенез: яйцеклетка была действительно однородной, и из нее вырос эмбрион. Очевидно, что принятие этой гипотезы привело к витализму, и мы обнаруживаем, что от нее отказались сразу же, как только эмбриологи признали, что физика обеспечивает корпускулярную теорию материи, когда был сделан возврат к взглядам предшествующих времен; взглядам, которые позволяли построить механистическую гипотезу развития.

Мы можем очень кратко изложить основные факты развития яйцеклетки типичного животного, такого как яйцеклетка морского ежа.

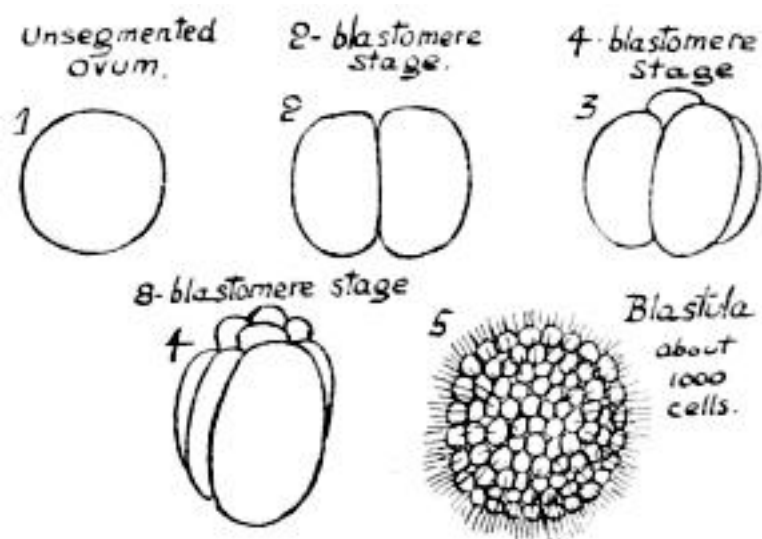


Рис. 12.

Оплодотворенная яйцеклетка делится на две (2), а затем каждый из этих бластомеров снова делится в плоскости, перпендикулярной плоскости первого деления (3). Третья плоскость деления расположена под прямым углом к первым двум, и она отсекает слой более мелких бластомеров от вершин первых четырех. В настоящее время существует (4) два яруса бластомеров: нижний ярус крупных бластомеров и верхний ярус более мелких. Это 8-клеточная стадия. Затем каждый из этих бластомеров делится надвое одновременно, так что эмбрион теперь состоит из шестнадцати клеток. После этого деления протекают с меньшей регулярностью, но примерно через десять делений эмбрион состоит примерно из 1000 клеток (2^{10}), и они расположены так, что образуют полую сферу, состоящую из одного слоя клеток. Последние снабжены ресничками, и весь эмбрион, известный теперь как бластула, может передвигаться благодаря движениям этих ресничек. Дальнейшее развитие приводит к появлению другой личиночной формы — гастролы, и еще одной - личинки плутеуса. После этого происходит превращение в полностью сформированного морского ежа.

С различными модификациями эта схема отражает раннее развитие очень большого числа животных, принадлежащих к большинству групп.

Если мы изучим процесс клеточного деления, мы обнаружим, что он очень сложный. Яйцеклетка сразу после оплодотворения состоит из двух основных частей: ядра и цитоплазмы.

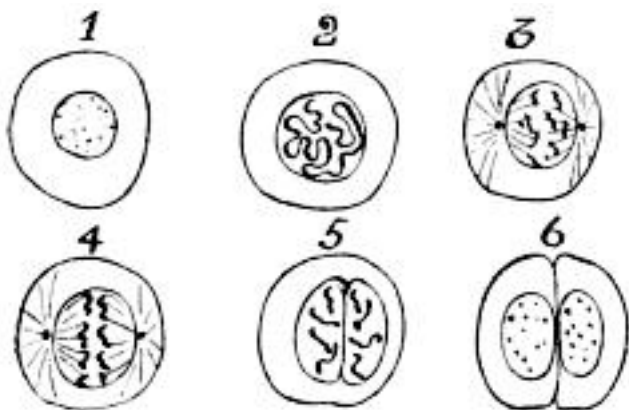


Рис. 13.

Внутри ядра находится вещество, отличное от остальных; оно распределено в гранулах и называется хроматином (1). Когда клетка вот-вот разделится, этот хроматин выстраивается в длинную свернутую нить (2), а затем (3) эта хроматическая нить распадается на короткие стержни, называемые хромосомами. Теперь появляются две маленькие гранулы, по одной на каждом конце ядра, и очень тонкие нити, астры, по-видимому, проходят от каждого из этих телец к хромосомам (4). Каждая из последних затем разделяется вдоль на две, и половина хромосомы, по-видимому, притягивается астрами к полюсам ядра. Затем последняя делится (5), а затем делится вся клетка. Таким образом, по сути, при делении ядра происходит то, что хроматин ядра более или менее точно делится пополам. По-видимому, это вещество состоит из очень мелких гранул, и весь процесс направлен на расщепление каждой из этих гранул на две. Затем половина гранулы переходит к каждому из дочерних ядер. Каждый раз, когда эмбрион делится, этот процесс повторяется. Таким образом, каждая из (теоретически) 1028 клеток бластулы содержит 1/1028 вещества каждой цветной гранулы в оплодотворенной яйцеклетке.

Пфлюгер и Ру (в 1883 и 1888 годах соответственно) были пионерами в экспериментальном изучении развития яйцеклетки, и результаты их работы и работы их преемников больше, чем что-либо другое в биологии, изменили и сформировали наши представления о деятельности организма. Ру обнаружил, или, по крайней мере, так думал, что при первом делении яйцеклетки лягушки выделяются правая и левая половины тела, причем один бластомер дает начало правой половине, другой - левой. Следующее деление, которое разделяет каждый из этих бластомеров, выделяет переднюю и заднюю части эмбриона. Таким образом:—

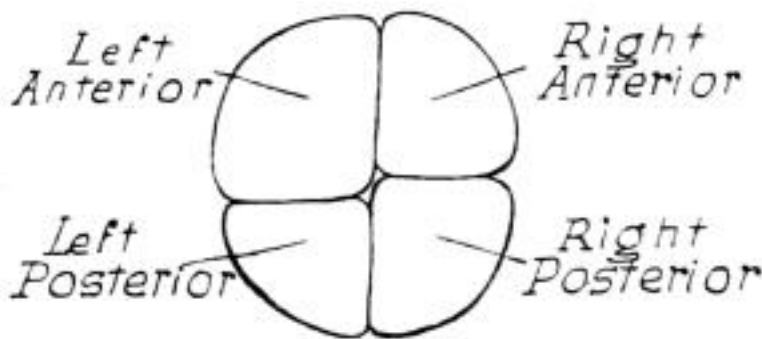


Рис. 14. Яйцеклетка лягушки на стадии 4 бластомеров, вид сверху.

Теперь в эксперименте, ставшем классическим, Ру удалось убить один из бластомеров на стадии двух клеток, в то время как другой остался жив. Затем неповрежденный бластомер продолжил развиваться, *но дал начало только полуэмбриону*.

На основе этих экспериментов была разработана гипотеза развития Ру-Вейсмана - "Теория мозаики". Непрофессиональный читатель увидит, насколько очевидно, что факты разделения ядер и указанные выше экспериментальные результаты поддаются механистической гипотезе. Обратите внимание, что, если бы не физическая концепция материи, состоящей из молекул и атомов, теория мозаики вряд ли сформировалась бы в умах биологов. Но это представление о материи, состоящей из корпускул, должно было предполагать, что основной "живой материал" организма также состоит из корпускул, как только микроскоп, достаточно мощный, чтобы видеть цветные гранулы, был направлен на делящуюся клетку, подготовленную таким образом,

чтобы сделать эти тела видимыми. Очевидно, что первичная яйцеклетка содержала все элементы организмов, в которые ей предстояло развиваться. Но затем в процессе деления яйцеклетки все эти цветные гранулы распределяются между клетками, и для этой цели возникает действительно очень красивый механизм распределения.

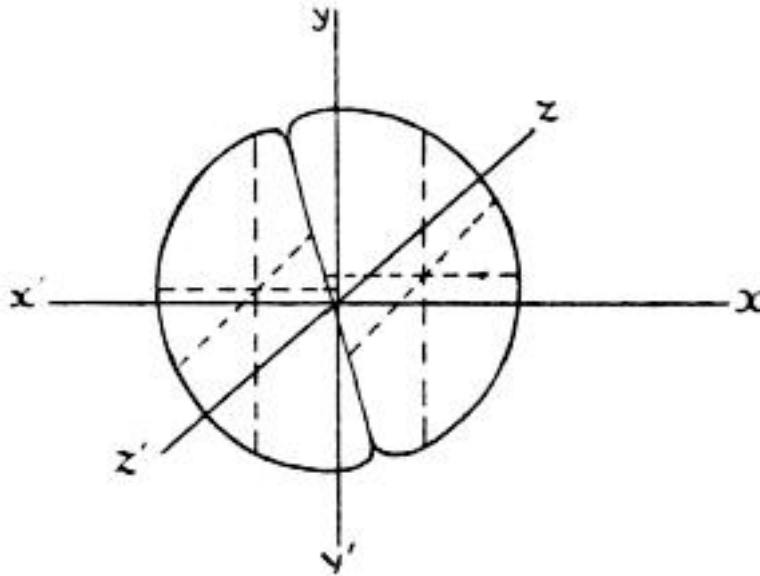
Вейсман построил свою гипотезу о зародышевой плазме на основе наблюдений, которые мы изложили. Цветовое вещество ядра состоит из элементов, называемых *детерминантами*, причем сами детерминанты состоят из предельных тел, называемых *биофорами*. Каждая детерминанта обладает всеми механизмами или факторами, необходимыми для развития той или иной части тела: существуют детерминанты для мышц, нервов, соединительных тканей, для сетчатки глаза, для волос каждого цвета, для ногтей и так далее. Все эти детерминанты содержатся в хроматине ядра яйцеклетки, и при делении последнего они постепенно разделяются так, что в конечном итоге каждая клетка личинки содержит детерминанты для одной отдельной части, или органа, или системы органов взрослого организма. Например, правый бластомер содержит все детерминанты для правой стороны тела лягушки, в то время как детерминанты для левой стороны содержатся в левой половине. Процесс клеточного деления, участвующий в сегментации яйцеклетки, состоит, таким образом, в упорядоченном распаде этого комплекса детерминант и в расстановке по местам изолированных элементов. Тело клетки — цитоплазма — выполняет очень подчиненную роль, главным образом по питанию необходимым цветовым веществом. Такова была мозаичная теория развития Ру-Вейсмана в ее первоначальном виде.

Очевидно, что это гипотеза предварительной подготовки. Верно, что сам организм не содержится в зародыше, но все части последнего, даже цвет глаз или волос, присутствуют в нем в виде определяющих факторов. Очевидно, что это связано с механизмом почти невероятной сложности. Но если мы рассматриваем это как рабочую гипотезу развития, то такая сложность деталей не имеет значения; на ее истинность указывает тот факт, что весь анализ задействованных процессов имеет тенденцию упрощать ее и сглаживать сложность. Но именно этого не произошло, поскольку все последующие исследования требовали дополнительной гипотезы за гипотезой. Как теория развития она потерпела полную неудачу.

Если после гибели одного из бластомеров в яйцеклетке лягушки на стадии двух клеток яйцеклетку переворачивают вверх дном, результаты эксперимента становятся совершенно иными; неповрежденный бластомер развивается *в целый* эмбрион, отличающийся от нормального главным образом тем, что он меньше. Если неповрежденную яйцеклетку на двухклеточной стадии перевернуть вверх дном, то разовьются *два целых эмбриона*, соединенных вместе различными способами. В яйцеклетке лягушки два первых бластомера не могут быть отделены друг от друга без их разрыва, но в яйцеклетке саламандры они могут быть отделены. После этого разделения развиваются два совершенных, но маленьких эмбриона. В яйце тритона тонкую нить можно обвязать вокруг борозды, образованной первым делением. Если эту лигатуру завязать неплотно, это не повлияет на развитие, и тогда можно увидеть, что средняя продольная плоскость эмбриона не соответствует, за исключением случайного совпадения, плоскости первого деления. Если лигатура туго завязана, то каждый из бластомеров дает начало целому эмбриону. Если ее завязать в разных местах, получаются монстры разных типов. Следовательно, в первых двух бластомерах нет разделения детерминант. Более того, эти результаты не являются исключительными, поскольку аналогичные результаты были получены с эмбрионами других животных, у рыб, *Amphioxus*,

асцидий, медуз и hydrozoa, и в некоторых случаях даже каждый из первых четырех бластомеров развивается в целый эмбрион, когда его отделяют от остальных. У эмбриона морского ежа бластомеры можно встряхнуть; или, удалив кальций, содержащийся в морской воде, бластомеры можно легко отделить друг от друга. Затем Дриш обнаружил, что каждый из бластомеров на стадии 16 клеток может развиваться в целый эмбрион. Таким образом, очевидно, что, по крайней мере, до этого этапа не было разделения детерминант.

На результатах этих экспериментов Дриш основал свое первое доказательство витализма. Предположим, что в развивающейся яйцеклетке есть механизм. Теперь эмбрион, который возникает в результате последнего, рано или поздно приобретает трехмерное расположение частей: головной конец отличается от хвостового, дорсальная поверхность отличается от вентральной, и части различаются по обе стороны от срединной плоскости. Следовательно, механизм должен действовать в трех измерениях: переднем и заднем, латеральном и дорсо-



вентральном.

Рис. 15. Мы можем

представить это диаграммой из трех осей координат: x , y , z ; x и y находятся в плоскости бумаги, а z - под прямым углом к плоскости бумаги. Теперь на двухклеточной стадии должен присутствовать тот же механизм, поскольку на этой стадии нормально развивается один цельный эмбрион. Но поскольку *любой* из бластомеров может развиваться в целый эмбрион, механизм также должен присутствовать в каждом из них, и поскольку на стадии 16 клеток из каждого бластомера может развиваться целый эмбрион, он должен присутствовать в каждом из шестнадцати бластомеров. Таким образом, трехмерный механизм способен к разделению до определенных пределов.

Предположим теперь, что мы позволяем яйцеклетке морского ежа нормально развиваться вплоть до стадии бластулы. На этой стадии это полая сфера, стенка которой представляет собой один слой клеток. Она одинакова во всем, то есть мы не можем различать верхнюю и нижнюю, правую и левую, переднюю и заднюю области; но поскольку она развивается в личинку, у которой все эти различия становятся очевидными очень скоро, она должна обладать трехмерным механизмом, поскольку активность процесса развития приводит к образованию

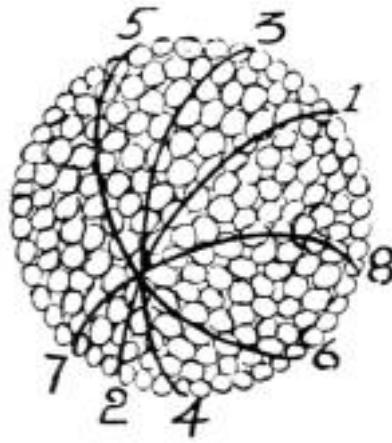


Рис. 16. Теперь

различных структур в каждом направлении. бластулу путем очень осторожных манипуляций можно разделить, разрезать на части острым ножом. Поскольку она одинакова по всей окружности, направление разреза зависит исключительно от случая. Его можно прорезать вдоль плоскостей 1 2, 3 4, 5 6, 7 8, например, на самом деле существует бесконечное количество плоскостей, по которым бластулу можно разрезать на две отдельные части, и направление плоскости - это не вопрос выбора, а чисто случайное. Тем не менее, каждая из частей, на которые разрезают личинку, становится целым эмбрионом. Какое—то время частичная бластула - примерно по форме полое полушарие — продолжает развиваться, как если бы она собиралась стать частичным эмбрионом, но вскоре отверстие закрывается, и развитие становится нормальным. Не имеет значения, даже если две части, на которые он разделен, не одинаковы по размеру; при условии, что часть не слишком мала, она будет следовать обычному курсу развития.

Предположим, что бластула открылась на плоской поверхности, подобно проекции глобуса Меркатора на плоской карте. Предположим, что a - это небольшой его элемент. Предположим, что прямоугольники $b c d e$, $F G H e$, $I J c L$, $M N O e$ и столько других, сколько мы захотим сделать, представляют части стенки бластулы, разделенные нашей операцией — все они содержат элемент a , но в каждом случае он находится в разном положении. На самом деле существует бесконечное количество таких частей бластулы, и a занимает бесконечно различное положение в каждой из них.

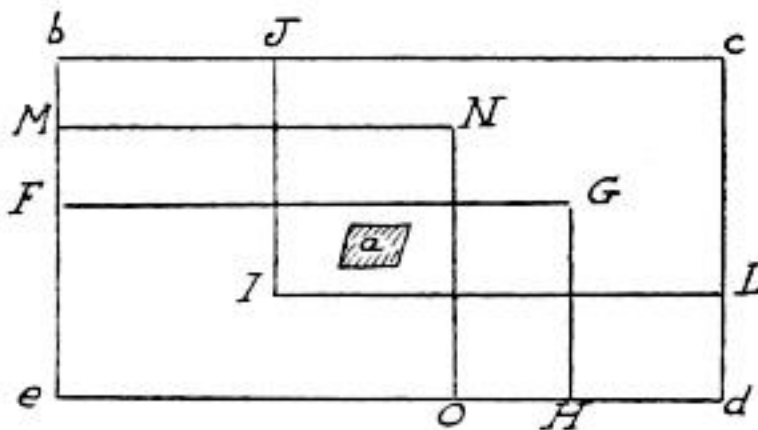


Рис. 17.

Эта демонстрация очень важна, поэтому давайте сделаем ее как можно более ясной: логическое доказательство витализма Дриша можно сформулировать следующим образом:—

Разные части бластулы станут разными частями эмбриона.

Часть *a*, занимающая определенное положение во всей бластуле, станет определенной частью, занимающей определенное положение, у эмбриона;

Но каждая частичная бластула становится целым эмбрионом, и одна и та же часть *a* занимает в каждой разное положение.

Следовательно *любая* часть бластулы может стать *любой* частью эмбриона.

Теперь, если задействован механизм, то, согласно нашим представлениям о механизме, он должен отличаться по своим частям, поскольку каждая его часть дает результат, отличный от других;

Но поскольку любая часть механизма может давать любой из различных результатов, содержащихся в эмбрионе, каждая из его частей должна быть похожа на все остальные.

То есть все части механизма одинаковы, хотя гипотеза требует, чтобы они были разными.

Таким образом, мы приходим к выводу, что механизм, подобный тому, который мы понимаем под механизмом в физических науках, не может присутствовать в развивающейся яйцеклетке.

Тем не менее, в яйцеклетке или системе недифференцированных клеток, на которые делится яйцеклетка, на первых стадиях сегментации должна существовать *организация*, использующая этот термин в настоящее время как неточно определенный. Например, у некоторых животных, гребневиков (Чун, Дриш и Морган) и моллюсков (Крэмpton), разделение бластомеров на первых стадиях сегментации приводит к результатам, отличным от упомянутых выше. В этих случаях изолированные бластомеры развиваются как частичные эмбрионы, то есть последние являются неполными в определенных отношениях, и эта неполнота в общем случае соответствует неполноте части яйцеклетки, находящейся в процессе развития. Таким образом, мы имеем явно противоречивые результаты: (1) каждый из первых нескольких бластомеров, образующихся в результате первых делений яйцеклетки, подобен всей яйцеклетке и развивается подобно ей; и (2) каждый из первых нескольких бластомеров отличается от других и от всей яйцеклетки и развивается по-разному от других и от всей яйцеклетки.

Давайте попробуем составить представление о том, какой должна быть эта организация в развивающейся яйцеклетке. На стадии 16 бластомеров яйца морского ежа у нас есть “система” частей. В случае нормального развития каждая из этих частей имеет определенную реальную судьбу — она станет частью личинки, в которую разовьется эмбрион: она имеет, как говорит Дриш, *перспективную ценность*. Но позвольте вмешаться в нормальный процесс, и тогда каждая из этих частей сделает что-то еще. В крайнем случае интерференции, когда бластомеры отделены друг от друга, каждый бластомер, вместо того чтобы образовывать только часть личинки, образует целую личинку. *Предполагаемая потенция* детали, то есть ее возможная судьба, больше, чем ее предполагаемая ценность. Обычно у него есть ограниченная,

определенная функция в развитии, но при необходимости он может значительно превысить эту функцию.

Во что превратится любой отдельный бластомер в системе, зависит от его положения по отношению к другим бластомерам. Когда яйцеклетка лягушки свободно плавает в воде, она занимает определенное положение с более светлой частью наверху, и тогда развитие идет нормально, каждый из двух первых бластомеров дает начало определенной части тела личинки; то есть каждый из них подвергается воздействию контакта с другим и развивается в ту часть нормального эмбриона, которая отсутствует у другого. Но пусть яйцеклетку на двухклеточной стадии перевернут и держат так, чтобы тяжелая часть была самой верхней: тогда протоплазма начинает вращаться так, чтобы более легкая часть была самой верхней; но два бластомера, как правило, не приспособляются друг к другу в одинаковой степени и с одинаковой скоростью, и соответствующие части могут не соприкоснуться друг с другом. Таким образом, при отсутствии нормального стимула со стороны другой части каждый бластомер начинает развиваться сам по себе, и образуется двойной эмбрион. Таким образом, как из этого, так и из предыдущего случая ясно, что фактическая судьба любой части системы бластомеров *зависит от ее положения*. Во что он превратится, зависит именно от того, где он расположен по отношению к другим частям.

Таким образом, Дриш называет систему частей в таких случаях, как двухклеточный эмбрион лягушки или 16-клеточный эмбрион морского ежа, *эквипотенциальной системой*, поскольку каждая часть потенциально способна делать то, что может делать любая другая часть, и то, что может делать вся система. Но при нормальном развитии каждая часть имеет определенную судьбу, и ее деятельность скоординирована с деятельностью всех остальных частей. Следовательно, это *гармоничная равнопотенциальная система*, каждая часть которой действует в гармонии со всеми остальными и стремится к определенному результату; хотя при необходимости она может заменить *любую* или *все* остальные.

Такая гармоничная эквипотенциальная система существует только в начале развития яйцеклетки. Он представлен 8-клеточной стадией Echinus, но не 16-клеточной стадией, поскольку, хотя 1/16-бластомеры продуцируют гастролы (первая личиночная стадия), они не продуцируют plutei (вторая стадия). Он представлен 4-клеточной стадией Amphioxus, но не 8-клеточной стадией. Он не проявляется даже на 2-клеточной стадии яйца гребневика. Что это значит? Это означает, что чем дальше продвигается развитие, тем менее полной становится “организация”, присущая какой-либо одной части системы. “По мере своего развития онтогенез все больше и больше приобретает характер мозаичной работы” (Уилсон).

Или, возможно, это означает, и так будет лучше выразиться, что “организация”, какой бы она ни была, зависит от размера. Мы очень ясно видим это в эксперименте по разрезанию надвое бластулы морского ежа. Если кусочки примерно одинакового размера, то из каждого получится целая личинка плутеуса, но если размер одного из них меньше определенного предела, он не будет продолжать развиваться. Следовательно, “организация” обладает определенным объемом, и этот объем намного больше, чем объем любой из ячеек, из которых состоит фрагмент, демонстрирующий ее. Это значительно больше, чем объем любой группы детерминант, которые, как мы можем себе представить, представляют различные виды клеток, составляющих тело личинки Pluteus, и еще более значительно больше, чем объем “молекулы” протоплазмы. Теперь эта ассоциация “организации” и размера имеет огромное философское

значение, поскольку она раз и навсегда устраняет идею о том, что “организация” - это исключительно серия химических реакций. Если бы это было так, то он содержался бы в одной клетке бластулы, поскольку, согласно механистической гипотезе, он содержится в одной клетке, яйцеклетке, и эта клетка может делиться бесчисленное количество раз и все еще содержать его. Яйцеклетка - это *сложная эквипотенциальная система* (Дриш), которая снова и снова делится на протяжении бесчисленных поколений и все еще содержит “организацию”.

Напрасно мы пытаемся ввести в заблуждение аналогию с “массовым действием” физической химии, чтобы показать, что объем может влиять на химическое действие. В такой массовой акции мы имеем вот что:—



буквы *A*, *B* и *C* обозначают присутствующие химические вещества, а буквы *a* и *b* и т.д. представляют активные массы этих веществ. Но изменения этой активной массы влияют только на *скорость* реакции. Что мы должны учитывать в наших экспериментах с бластулами, так это *природу* реакции, и как скорость или даже характер реакции могут повлиять на *форму*? Если бы мы могли показать, что форма кристаллов, осаждающихся из раствора в результате какой-либо реакции, зависела от объема раствора, аналогия была бы более близкой, хотя даже в этом случае трудности при ее проведении были бы настолько велики, что делать попытки ее проведения было бы бесполезно.

Таким образом, химический механизм невозможно представить, а тем более описать, и единственным другим механизмом, предложенным на данный момент, является механизм Ру-Вейсмана, включающий распад детерминант, которые, как предполагается, присутствуют в ядре яйцеклетки. Давайте предположим (несмотря на невероятную трудность этого), что такой механизм существует. Он должен расставить ядра, содержащие детерминанты эмбрионального строения, по своим местам: ядра, отвечающие за формирование нервного центра, идут вперед; ядра, отвечающие за рот, кишечник и задний проход, идут назад и вниз; ядра, отвечающие за руки, идут вперед, вентрально и кзади, совершенно определенным образом; а ядра, отвечающие за сложный скелет, распределены во множестве направлений, которые не поддаются описанию. Короче говоря, эти ядра перемещаются вверх и вниз, вправо и влево, назад и вперед и выстраиваются в сложную архитектуру. Предположим, мы предотвратим это. Предположим, мы сжимаем сегментирующуюся яйцеклетку между стеклянными пластинками так, что ядра вынуждены распределяться только в одной плоскости: образуя сплюснутый диск, в котором единственными направлениями являются правое и левое, переднее и заднее. Это было сделано Дришем и другими. Согласно первоначальной гипотезе Ру-Вейсмана, в результате должна получиться чудовищная личинка, поскольку первые ядра, отделенные друг от друга, были вынуждены занять положения, совершенно отличные от тех, которые они должны были занимать, если бы развивались нормально. Однако при снижении давления происходит повторная регулировка. Происходят новые деления, чтобы восстановить нормальную форму личинки. Вспомогательная гипотеза Ру-Вейсмана состоит в том, что стимул давления заставил ядра сначала разделиться таким образом, чтобы компенсировать возмущение.

Давайте удалим некоторые из бластомеров. Согласно первоначальной гипотезе, детерминанты структур, которые содержали ядра этих бластомеров, были утрачены. Следовательно, эти структуры должны отсутствовать в эмбрионе. Но ничего подобного не происходит. Другие ядра

делятся и замещают утраченные, и эмбрион развивается как обычно. Ответ заключается в том, что в дополнение к детерминантам, которые были необходимы для их собственной специфической функции, эти ядра содержали резерв всех других. При нарушении эти детерминанты, “скрытые” во всех других условиях, активизировались и восстановили утраченные части.

Давайте удалим какой-нибудь орган из взрослого организма. Самым замечательным экспериментом такого рода является удаление хрусталика из глаза саламандры. Теперь хрусталик глаза развивается из примитивного кожного покрова (эктодермы) головы, но радужная оболочка глаза развивается в основном из части примитивного мозга. После операции формируется новый хрусталик из *радужки*, а не из роговицы. Следовательно, высокоспециализированная радужка содержит также детерминанты других видов. Содержит ли он их только для себя и *lens* или для других? Если он содержит много видов, то мы приходим к выводу, что даже определенные структуры взрослого организма содержат детерминанты многих других видов, кроме их собственных, то есть резервные детерминанты передаются во всех клетках, способных к восстановительным процессам, практически во всех клетках организма. Или он содержит только свой собственный хрусталик и хрусталики хрусталика? Тогда предполагалась эта в высшей степени искусственная операция - абсурдная гипотеза, которую не нужно рассматривать.

Этот конкретный механистический процесс (и ни один другой не является столь правдоподобным) рушится перед попытками проверки, и он сохраняется только благодаря добавлению вспомогательной гипотезы за гипотезой. Само по себе это демонстрирует, что такое объяснение не способно описать факты.

Что же тогда представляет собой “организация”? Это нечто элементарное, и мы с таким же успехом можем спросить, что такое гравитация, или химическая энергия, или электрическая энергия. Нельзя сказать, что это что-то из этих вещей или какая-то их комбинация. “В настоящее время, ” говорит опытный и выдающийся экспериментатор Т. Х. Морган, - мы не можем понять, как какой-либо известный принцип химии или физики может объяснить развитие определенной формы организмом или частью организма”. “Вероятно, мы никогда не сможем”, - заключает Морган, который отнюдь не является виталистом. Но не означает ли это только то, что в биологии мы наблюдаем действие факторов, которые не являются физико-химическими?

Мы видели, что физиолог изучает нечто совершенно отличное от того, что изучает эмбриолог или натуралист. В первом случае исследуется *часть* животного, произвольно отделенная от целого, поскольку сложность функций простейшего организма такова, что все они не могут быть исследованы сразу. В своем исследовании он применяет методы физической химии, и какие бы результаты он ни получал, они обязательно одного порядка. Неизбежно, исходя из самой природы своего метода, он может видеть в организме только физико-химические явления. Эмбриолог, с другой стороны, изучает организм в целом и стремится определить, как образуются определенные формы и как изменение внешних условий влияет на принятие этих форм. Мы видели, с каким небольшим успехом встречались попытки связать эмбриологические процессы только с физико-химическими. Все исследования механизма органических форм потерпели неудачу. Бесполезно пытаться настаивать на аналогиях кристаллической формы и форм, принимаемых в природе динамичными геологическими факторами. Если читатель критически проанализирует эти аналогии, он увидит, что они лишь поверхностны.

Однако мы, по-видимому, видим в тех действиях организма, которые называются “тропистическими” или “тактичными”, реакции чисто физико-химической природы, и, отталкиваясь от них как от основы, можно было бы построить правдоподобную теорию органических движений на строго механистической основе.²¹ “Тропизм” - это движение неподвижного организма по отношению к определенно направленному внешнему раздражителю. Это движение может быть вызвано ростом его частей или дифференциальным сокращением или расширением его частей. “Рулением” мы можем назвать движение свободно перемещающегося организма в ответ на те же направленные стимулы. Движения, при которых зеленое растение поворачивается к свету, называются гелиотропными, а движения его корней в перпендикулярном направлении - геотропными. Движения свободно передвигающейся личинки моллюска, например, при плавании к источнику света, называются “фототаксическими”.

Во всех этих случаях мы должны думать о стимуле как об “энергетическом поле” в том смысле, в каком физики говорят об электрических, или магнитных, или электромагнитных, или тепловых, или гравитационных полях. Во всех этих случаях факторы, влияющие на движения организма, являются направленными.

Электрическое поле, например, (1), создается путем размещения электродов гальванического элемента на противоположных концах желоба для воды: мы представляем, что электроны движутся от одной стороны желоба к другой по параллельным линиям и в определенном направлении. Световое поле (2) создавалось бы излучением света, проходящего по прямым линиям через воду.

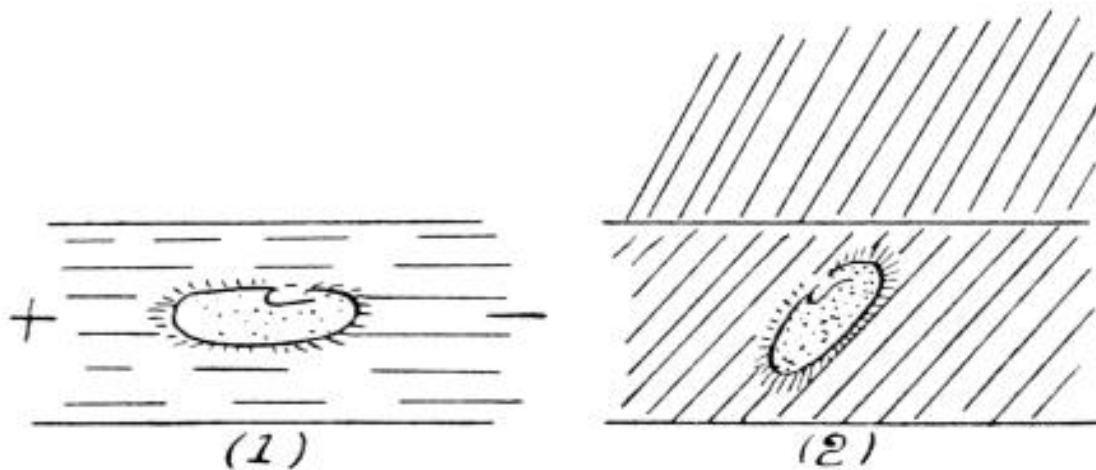


Рис. 18.

Движения организма, проявляющие тропизм или таксис, не вызваны стимулами поля, а только направляются им. В отсутствие этих стимулов он плыл бы случайным образом. Однако в поле он будет ориентироваться в некотором направлении относительно силовых линий. “Положительно фототаксическое” животное плывет к фокусу, из которого исходит световое излучение, а “отрицательно фототаксическое” животное плывет в другом направлении. Согласно теории тропических и тактичных движений, такая ориентация достигается за счет дифференциальной стимуляции противоположных сторон организма. Давайте возьмем в качестве конкретного примера случай с гусеницей, которая ползет вверх по стеблю растения, чтобы питаться нежными побегами у верхушки. Животное обладает удлиненным телом, с мышцами под

покровом и чувствительными нервными окончаниями в последнем. Его мышцы находятся в состоянии “тонуса”, то есть в норме они всегда слегка напряжены. Падающие лучи света воздействуют на кожные органы чувств, стимулируя ганглиозные центры и вызывая эфферентные импульсы, которые спускаются к мышцам. Предположим, животное движется так, что продольная ось его тела находится под углом, скажем, 45°, к направлению падающего света: следовательно, одна сторона тела стимулируется, а другая нет. Стимуляция освещенной стороны запускает эфферентные нервные импульсы, которые спускаются к мышцам этой стороны и повышают их тонус (или же отсутствие стимуляции другой стороны вызывает импульсы, которые подавляют мышечный тонус, или импульсы, которые в противном случае сохраняли бы тонус, прекращаются при отсутствии световой стимуляции). В любом случае мышцы освещенной стороны сокращаются, и тело гусеницы перемещается так, что оно устанавливается параллельно направлению излучения. Затем в равной степени стимулируются обе стороны тела, и животное движется к свету.

Животное питается, а затем ползет обратно по растению. Почему оно это делает? Потому что, по словам Леба, акт кормления сохранил за собой “знак” такси. Раньше, когда он был голоден, он был положительно фототаксичен, но акт кормления (по-видимому, сразу, до переваривания и ассимиляции самой пищи) произвел химические вещества в мышцах, которые заставляют последние расслабляться в ответ на импульс, который ранее вызывал сокращение.

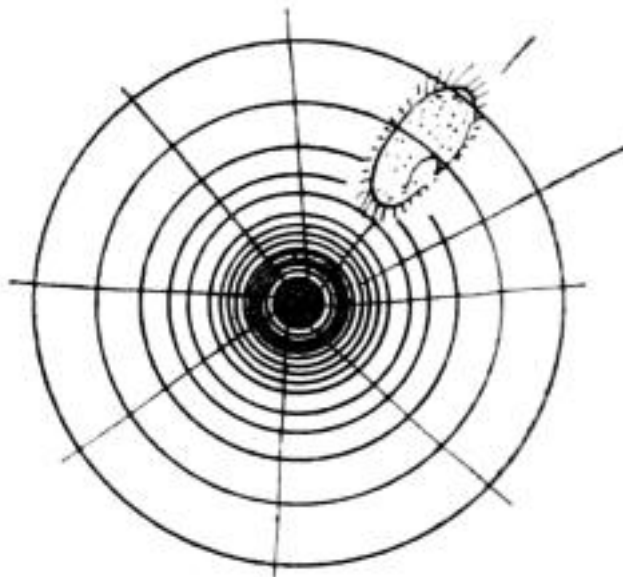
Нервная связь, конечно, не является необходимой. Стимуляция энергией поля может воздействовать непосредственно на мышечную субстанцию, или же, как в случае с простейшим животным, таким же образом воздействовать на протоплазму организма в целом. В большинстве случаев, однако, на ориентацию будет влиять цепочка органов чувств, афферентный нерв, нервный центр, эфферентный нерв и эффекторный орган. Это цепь событий, которая, согласно этой гипотезе, заставляет мотылька лететь в пламя или морскую птицу разбиваться о фонарь маяка.

Таким образом, такси - это неизбежная реакция движением в определенном направлении на направленный стимул. Включая также тропизмы, можно признать, что движение является целенаправленным или, по крайней мере, полезным в некоторых случаях, как, например, гелиотропизм и геотропизм зеленого растения. Если мы признаем, что описание Лебом кормления гусеницы как тактического действия верно, мы также можем назвать это полезным действием. Но в большинстве случаев тропизмы и тактики - это действия, которые, по-видимому, бесполезны для организма. Вторжение лейкоцитов в ту часть тела, которая раздражена ядом (например, при воспалении), полезно для самого организма, но мы должны рассматривать лейкоциты как организмы, и их тактическое движение приводит к их разрушению, как и при других аналогичных действиях. Именно из-за этого мы сталкиваемся с трудностями при объяснении их происхождения с точки зрения естественного отбора.

Это не имеет большого значения, поскольку сейчас вряд ли можно утверждать, что тропистический или тактический акт имеет какую—либо реальность, за исключением очень немногих случаев - движения растений, гальванотаксиса, химико-таксических движений бактерий и лейкоцитов и, возможно, некоторых других аналогичных случаев, являются такими исключениями. Едва ли можно сомневаться в том, что распространение концепции Леба и его школы на движения многих беспозвоночных и даже на некоторые действия позвоночных является стремлением к общности, которое не было оправдано. Гипотеза, изложенная Лебом,

очевидно, почти наверняка логична и, очевидно, была разработана как протест против антропоморфизма, который видел в полете мотылька на пламя выражение эмоции; или в движениях гусеницы на зеленом кустарнике выражение голода и насыщения и унаследованного опыта животного; или в избегании *Паразитом* капли кислоты эмоции неприязни к чувству боли. Что ж, допустим, что это так, и что протест был полезным, поскольку очевидно, что эти представления о причинах движений невозможно проверить: улучшает ли дело то, что мы прибегаем к гипотезе, которая является таким же чисто физико-химическим догматизмом, как другая - антропоморфизмом? Но первая гипотеза, во всяком случае, поддается экспериментальной проверке, и в этом заключается ее полезность, поскольку она стимулировала исследования. Однако очевидно, что такая проверка еще не проведена. Дифференциальные афферентные импульсы, создаваемые энергетическим полем; повышение или угнетение мышечного тонуса; присутствие светочувствительных веществ в тканях тактически действующих низших животных; изменение скорости химической реакции, в этих случаях, которая должна следовать за стимуляцией, - все эти вещи *могли бы* быть проверены, если бы они соответствовали действительности. Однако до сих пор в пользу общей теории тропизмов приводились лишь косвенные доказательства, которые, возможно, допускают другие интерпретации, а не прямые экспериментальные.

Более того, тщательный анализ действий некоторых низших организмов, проведенный Дженнингсом, показал, что гипотеза о тактике, вероятно, ложна в большинстве случаев. Этот наблюдатель изучал поведение самих организмов, а не начало и конец серии, и он показывает, что поведение организмов описывается гораздо более очевидно, говоря, что в нем используется метод "проб и ошибок". Предположим, некоторое количество инфузорий (*Paramecium*) находится в пленке воды, в одной части которой находится капля уксусной кислоты, медленно диффундирующая в окружающую среду. Вокруг капли есть зона изменения концентраций: если мы проведем воображаемые контуры через точки, где концентрация примерно одинакова (концентрические кольца на диаграмме), а затем проведем прямые линии, нормальные к этим кольцам (радиальные линии), мы можем построить "поле", аналогичное



электрическому или магнитному полю.

Рис. 19.

Животное при приближении к полю должно сориентироваться и выбрать направление "силовых линий". Однако он не ведет себя подобным образом, а лишь попадает в поле случайным образом. Попад, он остается в той части, где концентрация находится в определенных

пределах. Если он приближается к границе этого ограниченного поля, он останавливается, плывет назад, вращается вокруг своей собственной оси, а затем поворачивается в обратную сторону; и он повторяет эту серию движений всякий раз, когда приближается (случайным образом) к области, где концентрация слишком высока или слишком низка. Таким образом, в этом и других организмах мы видим то, что Дженнингс назвал типичной "реакцией избегания", точная природа которой зависит от "двигательной системы" животного. Его общие движения случайны, но, найдя область "оптимальных условий" (условий, наиболее подходящих для его конкретного физиологического состояния), он остается там.

Предположим (что действительно происходит неоднократно), что на каком-то участке морского дна образуется обширное "ложе" из молодых мидий. За короткое время русло заполняется косяком мелких камбал, жадно поедающих мелких моллюсков. Во время своих странствий рыбам приходится неоднократно выходить за пределы этого места нагула. Однако обычно они возвращаются, так как, не сумев найти понравившуюся им пищу, они плавают в разных направлениях и таким образом снова попадают в русло моллюсков.

Предположим (это был действительно прекрасный эксперимент, проведенный Йерксом), что краб заключен в ящик, из которого ведут два пути, но только один из которых ведет к воде. Животное бегаёт наугад, находит неправильный путь, возвращается по нему, пробует снова и снова, а затем находит правильный путь и возвращается к воде. Если эксперимент повторяется, животное снова находит правильный путь с гораздо меньшими трудностями, и после многих попыток оно в конечном итоге находит его сразу при каждом повторении эксперимента.

Все это обсуждение конкретных случаев подводит нас к рассмотрению способов действия высших организмов. Согласно строго механистическому способу мышления, действия организма в целом основаны на реакциях тактического характера — неизбежных реакциях, природа которых определена и которые с уверенностью следуют за стимулом, часто фатальным для организма, их проявляющего. Принимая эти тактические реакции как, в общем, действительно описывающие поведение организма, мы можем построить теорию инстинктов. В своей простейшей форме инстинкты являются рефлексам — тактическими движениями. В своих более сложных формах они представляют собой сцепленные рефлекс, или такты. Сложное инстинктивное действие — это действие, состоящее из множества отдельных действий, каждое из которых является стимулом для следующего; или, конечно, оно также может быть сложным в том смысле, что несколько простых реакций протекают одновременно, при одновременной стимуляции различных рецепторов. Теперь распространение всего этого на движения "более высокого" уровня очевидно.

Прежде всего, отметим, что стимулы, рассмотренные до сих пор во всех приведенных примерах, являются простыми элементарными. Конечно, таких стимулов относительно немного: гравитация, проводимое тепло (кинетическая энергия материальных тел), излучаемое тепло (энергия эфира), электрическая энергия, химическая энергия и механический контакт или давление (включая атмосферные вибрации). Во всех этих случаях мы имеем определенную, измеримую физическую величину, с которой мы должны связать определенный отклик в виде определенной измеримой физико-химической реакции. Между стимулом и реакцией должна быть функциональная связь, определенное количественное преобразование энергии. Возьмем конкретный пример: определенное количество световой энергии, попадающее на рецепторные органы гусеницы Леба, должно трансформироваться в другое количество "нервной энергии", и

это распространение аналогично "взрывной волне" должно трансформироваться в некоторое количество энергии, которое инициирует другую "взрывную волну" в мышечном веществе. Все эти преобразования должны быть количественными, и энергия отдельного света должна быть прослежена от рецепторного органа к точкам в мышце, где она нарушает состояние ложного равновесия в веществе последней. Не что иное, как это требуется для демонстрации чисто физической природы реакции организма на внешний стимул. Можно с уверенностью сказать, что физиологические исследования не дали ничего, даже приближающегося к такой экспериментальной демонстрации.

Каковы стимулы к действиям высшего организма? Верно, что их элементами являются энергии, такие, как мы указали, но эти энергии интегрированы для формирования *индивидуальных стимулов* (Дриш). Стимулом в экспериментально изучаемом такси, возможно, является поле параллельных пучков световых лучей определенной длины волны; но в действиях человека или, скажем, собаки стимулом является чрезвычайно сложное возмущение эфира, создающее *изображение* на сетчатке животного. Звуковым стимулом, используемым при исследовании, может быть относительно простое атмосферное возмущение, вызванное продолжительной нотой сирены или скрипичной струны; но стимул при прослушивании оркестра может состоять из десятков нот со всеми их гармониями, звучащих одновременно со скоростью, возможно, несколько сотен-две в минуту. Все это *интегрируется* подготовленным слушателем, и одна или две ложные реплики из множества могут полностью испортить эффект исполнения. Несомненно, здесь есть нечто большее, чем просто разница в степени.

Еще важнее строгая взаимосвязь между стимулом и действием, которую навязывает сама теория тактических реакций. Выражая это очень точно (но не точнее, чем требует теория), мы говорим, что $\Sigma A = f(x, y, z)$, то есть последовательность действий ΣA (зависимая переменная) является математической функцией независимых переменных x, y, z . Итак, есть ли что-либо подобное этой функциональности между действием высшего животного и стимулом? Очевидно, что нет. Мы узнаем кого-то, кого очень хорошо знаем, по любому из сотен различных характеров, манерам походки, речи, одежды и т.д. Он или она такой же человек, будь то видел поблизости или вдали, или вбок, или в любом из почти бесконечно разных взглядов, и мы отвечаем на каждое из этих очень разных физических раздражителей той же реакцией узнавания: радость, неприязнь, отказ, поздравление, или что это может быть. Для спортсмена, стреляющего в дикую дичь, стимулом может быть какой-то почти незаметный оттенок или затемнение в каком-либо укрытии, настолько мало отличающийся от окружающей среды, что его вообще почти не видно, однако, по его опыту, от этого почти бесконечно малого изменения стимула зависит его действие со всеми его последствиями. В примере Дриша встретились два друга-полиглота, и один говорит другому: "Мой брат серьезно болен", или "Мой брат - это северянин маладе", или "мой брат - это эрнстлих эрканкт". Здесь физический стимул принципиально отличается в каждом конкретном случае, но реакция — выражения сочувствия и озабоченности, обсуждения взаимных договоренностей и т.д. - абсолютно одинакова. Или пусть один друг скажет другому: "Моя мама серьезно больна", и, несмотря на очень незначительную разницу между согласным звуком *br* в этом предложении и соответствующим звуком *m* в другом английском предложении, реакция, то есть последующий разговор, и договоренности между двумя друзьями могут быть совершенно разными.

Облекая этот аргумент в абстрактную форму, мы можем сказать, в общем, что два стимула, которые в физическом смысле полностью отличаются друг от друга, могут вызвать абсолютно

одинаковую серию реакций; и наоборот, два стимула, отличающиеся друг от друга в совершенно незначительной степени, могут вызвать совершенно разные реакции. Также легко увидеть, анализируя предпосылки к действиям разумного животного, что эти стимулы в большинстве случаев являются не элементарными физическими факторами, а индивидуализированными и интегрированными группами этих факторов; и что животное реагирует не на их математическую сумму, как оно должно было бы делать по чисто механистической гипотезе действия, а на типичные целостности, которые выражены в этих группах.²²

Утверждение о том, что истинными стимулами являются не фактические атмосферные вибрации (в случае разговора) и не оптический образ (в случае узнавания друга), а скорее психические состояния, вызываемые этими физическими факторами, не является ответом на этот аргумент. Если мы должны принять строго механистический метод объяснения действий, такой метод, на который указывает гипотеза Леба о чисто тактическом поведении его гусениц, то эти атмосферные вибрации и оптические изображения, несомненно, являются истинными стимулами, и реакции должны быть функциями от них в математическом смысле. Но поскольку такой строгой функциональности не существует ни в одной из тщательно проанализированных поведенческих реакций, мы должны сразу признать, что на самом деле, не физическая серия событий определяет фактическую реакцию, а действительно сознательное состояние, непосредственно следующее за этими физическими чувственными впечатлениями. Теперь давайте посмотрим, к каким выводам приводит нас это признание.

Между внешним раздражителем (атмосферными колебаниями, воздействующими на слуховые мембраны, или световыми излучениями, воздействующими на сетчатку) и поведенческой реакцией что-то вмешивается. Это индивидуальная история организма, "ассоциативная память" Жака Леба, "физиологическое состояние" Дженнингса, "историческая основа реагирования" (historische Reaktionsbase) Дриша или "длительность" Бергсона. Последняя концепция является наиболее тонкой и адекватной, и мы примем ее. Таким образом, физический стимул приводит к состоянию сознания, восприятию, за которым следует действие. Что такое восприятие? В рефлекторном действии может не быть восприятия; в такси его нет.²³ Такого рода реакции неизбежно вытекают из природы стимула — фактически, зависят от последнего; но мы не можем не заметить, что разумное поведение высших животных предполагает выбор между альтернативными видами действий. Таким образом, восприятие и есть этот выбор или оно тесно связано с ним. Но это нечто большее, чем выбор одного из многих видов реакции. В восприятие входит весь прошлый опыт животного или, по крайней мере, вся та часть прошлого опыта, которая каким-либо образом освещает настоящую ситуацию. То, что разумное животное делает в ответ на стимул, зависит не только от самого стимула, но и от всех стимулов, которые оно получало в прошлом, и от всех эффектов всех этих стимулов. Таким образом, в восприятие, которое вмешивается между внешним стимулом и действием, которым животное реагирует, входит то, что мы обычно называем его памятью. Его *продолжительность* на самом деле является тем, что изменяется под действием стимула и что затем приводит к поведенческой реакции.

Таким образом, длительность - это память, но это нечто большее, чем просто память, как мы обычно думаем об этом качестве. Прошлое сохраняется в нас в виде "двигательных привычек", и когда мы вспоминаем его, мы можем снова воспроизвести эти двигательные события. Тщательный самоанализ легко убедит читателя в том, что, вспоминая разговор, он

действительно *говорит неслышно*, приводя в движение нервы и мускулы своих голосовых механизмов. Действия, которые были заучены, сохраняются; каким-то образом устанавливаются и сохраняются мозговые и спинномозговые пути и связи: несомненно, когда поражение головного мозга разрушает или ухудшает память, поражаются именно эти физические нервные пути и клетки. Но в дополнение к этому у нас есть чистая память (“*souvenir pur*” Бергсона). Что, например, является визуальным образом какой-либо вещи, увиденной в прошлом, который может сформировать большинство людей, как не чистое воспоминание?²⁴

Весь прошлый опыт организма — все его восприятия и все выполненные им действия — сохраняются либо в виде двигательных привычек или механизмов, либо в виде чистых воспоминаний. Все это не обязательно должно присутствовать в его сознании; двигательные привычки, конечно, отсутствовали бы, и вспоминалось бы только то из прошлого, что имело бы отношение к выбору, который организм собирался сделать из множества видов реакций, возможных для его двигательных организаций. Из этого прошлого он выбрал бы все, что было каким-либо образом связано с действиями, которые были возможны ему в настоящем. Он вспомнил бы все ранее выполненные действия, которые напоминали то, на которое было принято предварительное решение; но, вспомнив также другие обстоятельства, связанные с этими прошлыми действиями, он обнаружил бы нечто, что побудило бы его изменить это предварительное действие. Итак, описывая таким образом все поведение действующего организма, делаем ли мы нечто большее, чем просто выражаем в более точных терминах “здравые” представления обычного человека? Последний подытожил бы всю эту дискуссию, сказав, что то, что он сделал бы в любых обстоятельствах, зависело не только от самих обстоятельств, но и от его опыта. Физиология показывает нам настолько ясно, насколько это возможно, что при стимуляции рецепторного органа, распространении нервного импульса по афферентному нерву, передаче этого импульса через спинной мозг или и то и другое вместе - при повторном распространении импульса по эфферентному нерву и преобразовании этого импульса в высвобождающий агент, высвобождающий энергетический потенциал в мышечном веществе — во всем этом не может быть ничего большего, чем физико-химические преобразования энергии. Все это ясно и определено. Но почему одни и те же афферентные стимулы, поступающие в центральную нервную систему в разное время одними и теми же путями и одинаковым образом, проходят по разным путям и выходят по разным эфферентным нервам, приводя к разным результатам? Или почему различные стимулы, поступающие в центральную нервную систему, должны проходить по одним и тем же внутримозговым путям, а затем воздействовать на одни и те же эфферентные нервы и эффекторные органы? Это происходит потому, что эти стимулы приводят к восприятиям, которые сливаются с организмом и становятся частью его существования. И тогда реакция становится реакцией не на физический стимул, а на измененную таким образом продолжительность.

Можем ли мы представить себе какой-либо физический механизм, с помощью которого накапливается продолжительность существования организма? Можем ли мы представить себе какой-либо способ хранения воспоминаний в центральной нервной системе? Когда мы говорим “хранимые”, это наша укоренившаяся привычка мыслить в терминах пространства и числа, которая заставляет нас рассматривать воспоминания как отложенные где-то, подобно тому, как мы складываем бумаги в шкаф или храним экспонаты в музее. Предположив, что восприятия хранятся таким образом, мы думаем о них как о сохраненных или записанных точно так же, как разговор записывается и сохраняется на фонографе. Фонограф может воспроизвести разговор в том виде, в каком он был получен, но то, что мы используем, когда используем наш опыт, - это,

очевидно, элементы этого опыта, отобранные и реинтегрированные по мере необходимости. Следовательно, должно существовать что-то вроде анализа наших восприятий, разделения их на простые составляющие и средства восстановления и записи этих составляющих таким образом, чтобы их можно было рекомбинировать в любом порядке и снова заставить войти в наше сознание.

Вполне возможно представить себе такой механизм. Предположим, что эфферентный импульс поступает в кору головного мозга через какой-либо один аксон: существует идеальный лабиринт путей, по которым может проходить импульс. Повсюду в центральной нервной системе мы сталкиваемся с прерываниями нервных путей, образованных переплетающимися древовидными образованиями. Веточки этих древовидных растений, по-видимому, фактически не соприкасаются друг с другом, и импульс перескакивает через промежуток между ними. Этот промежуток, конечно, чрезвычайно узок, и о нем можно говорить почти как о мембране, поскольку он должен быть занят каким-то организованным веществом. Его назвали синаптической мембраной. Предположим, что стимул определенной природы проходит через синапс, изменяя его физико-химически по мере прохождения. После этого стимул аналогичной природы будет иметь тенденцию проходить через этот конкретный синапс, при этом сопротивление последнего будет снижено. Таким образом, он будет иметь тенденцию проходить по определенному пути через центральную нервную систему. Теперь последнее мы можем рассматривать в некотором роде как очень сложный распределительный щит, функция которого состоит в том, чтобы поместить любой один стимул (или серию стимулов) из многих в связь с любым одним двигательным механизмом (или серией механизмов) из многих.....25 Таким образом, устанавливается двигательная привычка, или путь, который будет сохраняться.

Такая концепция ясна и разумна в принципе, и все работы по нервной физиологии стремятся показать, что это хорошая рабочая гипотеза. Мы не можем читать современные книги, не чувствуя, что с их помощью будут достигнуты огромные успехи. Но сложность мозга высших позвоночных настолько невероятно велика, а трудности представления природы необходимых физико-химических реакций в синапсах и в других местах настолько огромны, что экспериментальная проверка может оказаться невозможной. И все, что мы сказали, применимо к одному элементарному стимулу, однако в любом обычном действии стимул представляет собой синтез почти бесчисленного множества простых стимулов, в то время как реакция также является синтезом. Оптическое изображение практически любого объекта содержит очень большое количество оттенков и цветов, различающихся почти незаметно: простых раздражителей должно быть, по крайней мере, столько, сколько палочковых или колбочковых элементов находится в той части сетчатки, которую покрывает изображение. Двигательные реакции состоят из множества тонко выверенных и скоординированных мышечных сокращений и расслаблений. Если мы хотим принять механистическую гипотезу действия такого рода, которая включает только те процессы, которые предложены выше, недостаточно того, что должно быть сформулировано логическое описание, непротиворечивое само по себе и согласующееся с физико-химическими знаниями. Простое утверждение такой гипотезы не уводит нас далеко. Если она, по сути, механистична, то должна поддаваться детальной экспериментальной проверке.

Даже если бы это было подтверждено экспериментально, это все равно оставило бы нетронутой проблему сознания. Все, что мы рассмотрели, - это серия физико-химических энергетических преобразований. Как же тогда возникает сознание? Мы не можем даже представить его связь в

функциональном смысле с чередой событий, формирующих афферентный импульс. В той или иной форме механизм должен предполагать дуализм — параллелизм физических и психических процессов. Физические события в центральной нервной системе связаны с психическими — когда происходят первые, происходят и вторые, — однако первые не являются "причинами" последних ни в каком физическом смысле. Сознание следует за церебральными энергетическими преобразованиями как параллельный "эпифеномен". Мы сразу же покидаем область механизма, и как мы можем оставаться довольными таким ограничением наших описаний? И если мы приходим к выводу, который, по-видимому, обязаны сделать, что сознание является аффективным фактором, модифицирующим наши реакции на внешние раздражители, не показывает ли это само по себе, что наша концепция поведения как чисто физико-химического процесса недостаточна в своей исключительности?

Мы вернемся к рассмотрению основных результатов экспериментальной эмбриологии в следующей главе, но давайте обратим внимание здесь на то, в каком направлении ведут нас эти результаты, а также результаты анализа инстинктивных и разумных действий. Это приводит к выводу, что физико-химические процессы в организме являются лишь *средствами*, посредством которых последний развивается, растет, функционирует и действует. При анализе этих процессов мы не видим ничего, кроме реакций, изучаемых в физической химии; но всякий раз, когда мы рассматриваем организм в целом, нам кажется, что мы видим координацию, контроль или направление этих физико-химических процессов. Негели сказал, что при развитии эмбриона каждая клетка действует так, как если бы она *знала*, что делают все остальные клетки. Развивающийся эмбрион, или регенерирующий организм, обладает своего рода автономией, так что нормальная, типичная форма и структура возникают даже при попытке непредвиденного вмешательства в обычный ход развития: в этом случае физико-химические реакции, протекающие в нормальном ходе событий, протекают каким-то другим образом, и новое направление навязывается развивающемуся эмбриону организацией, которую мы должны рассматривать как присущую ему. Та же направленность и автономия должны быть признаны и в поведении взрослого организма в целом. Что это такое? Мы пытаемся думать о нем как о толчке, который передается физико-химическим реакциям, которые являются проявлениями жизни организма. Это *elan vital* Бергсона или *энтелехия* Дриша. Что входит в эти концепции, мы рассмотрим в последней главе этой книги; и прежде чем приступить к этому, необходимо будет рассмотреть организм с другой точки зрения, с точки зрения его изменчивости, когда он рассматривается как один из членов серии поколений.

ГЛАВА V ИНДИВИД И ВИД

Что такое индивидуальный организм? Простейшее, такое как *Амба* или *парамиксия*, представляет собой отдельную клетку: это совокупность физических и химических частей, ядра, цитоплазмы и т.д., и ни одна из этих частей не может быть удалена, если организм хочет продолжать жить. Клетка может быть до некоторой степени искалечена, но, в целом, ее жизнь зависит от целостности ее основных структур, и она не может быть разделена, не переставая

быть тем, чем она была. Он содержит минимальное количество частей, необходимых для продолжения органического существования.

Такой организм, как *Гидра*, состоит из совокупности клеток, которые не все относятся к одному виду. Внешний слой, или эктодерма, является сенсорным и защитным и содержит органы агрессии; в то время как внутренний слой состоит из клеток, которые выполняют функции пищеварения и ассимиляции. Все эти части, в общем, необходимы для жизнедеятельности *Гидры*. Они могут быть изуродованы; животное может быть разрезано на две части, и каждая из этих частей может регенерировать путем роста ту часть, которая была удалена. Тем не менее, наличие эктодермы и энтодермы в определенном минимуме массы необходимо для этой регенерации. Следовательно, высшее животное, или многоклеточный организм, представляет собой совокупность клеток, каждая из которых эквивалентна отдельному Простейшему; но не все эти клетки одинаковы, то есть в многоклеточном организме происходит дифференциация тканей.

Опять же, кишечнополостные представляют собой примеры животных, представляющих собой совокупности частей, каждая из которых является морфологическим эквивалентом отдельной *гидры*. Такое животное, как сифонофор, например, состоит из зооидов, и каждая из этих единиц имеет основное строение *гидры*. Но не все зооиды одинаковы: одни из них выполняют функцию передвижения, другие - агрессии, третьи - переваривания и ассимиляции и так далее. Здесь, опять же, весь организм может быть изуродован; части могут быть удалены и может произойти регенерация; но в качестве Сифонофора должны присутствовать все различные зооиды, если мы хотим продолжить характерное функционирование животного.

Таким образом, простейший является особью первого порядка, *гидра* - особью второго порядка, а сифонофор - особью третьего порядка. Некоторая подобная концепция степеней индивидуальности, вероятно, будет сочтена большинством зоологов удовлетворительной, однако рассмотрение покажет, что она весьма неадекватна. Многие одноклеточные растения и животные могут состоять из нескольких одинаковых клеток. Диатомовые и перидиниевые размножаются делением своих клеточных тел и ядер, и образовавшиеся таким образом части могут оставаться связанными друг с другом. Диатомовая водоросль может состоять из одной клетки, или она может состоять из переменного числа таких клеток, соединенных вместе нитями, или другими способами; и диссоциация такого ряда может происходить без какого-либо вмешательства в функционирование разделенных частей. Солитер состоит из "головы", или сколекса, содержащего центральную нервную массу и органы фиксации; и органически непрерывным с ним является ряд сегментов, или проглоттидов. Эти проглоттиды образуются непрерывно из задней части сколекса, и они могут оставаться связанными друг с другом, а также с центральной нервной системой и некоторыми другими органами, которые сосредоточены в сколексе. Тем не менее, каждая проглоттида содержит полный набор репродуктивных органов; у нее есть органы опорно-двигательного аппарата, позволяющие ей передвигаться и прикрепляться к любой поверхности, с которой она соприкасается. Он может вести, по крайней мере, в течение значительного времени, независимое существование отдельно от сколекса и других проглоттидов, с которыми он первоначально находился в неразрывной связи. У большинства *Polyzoa*, например, у обыкновенного морского коврика, организм состоит из очень большого количества полипов или зооидов, каждый из которых выделяет вокруг себя какое-либо образование, но все они могут быть соединены вместе общей плотью. У многих зоофитов, по сути, одинаковая структура. В кораллах очень много зооидов,

каждый из которых живет в известковой чашечке, выделяемой сам по себе. Полизои, зоофиты и кораллы относятся к особям третьего порядка, и мы могли бы отнести ленточного червя *strobila* — сколекса с его цепочкой проглоттидов — также к той же категории. Тем не менее, часть колонии полизоанов или гидрозоанов, или проглоттис ленточного червя, может отделиться, когда он будет продолжать жить, размножаться и демонстрировать все характерные функции вида, к которому он принадлежал.

Такое животное, как *Гидра*, или планарий, или четвероногих червей, или морская звезда, можно разрезать на несколько частей, и при условии, что каждая из этих частей превышает определенный минимум массы, она восстановит всю структуру организма, частью которого она является. У развивающегося эмбриона морского ежа восьмиклеточная стадия может быть обработана таким образом, чтобы бластомеры могли отделяться друг от друга: затем каждый из них снова начнет сегментироваться и будет воспроизводить типичную личинку морского ежа. Паразитический плоский червь, известный как печеночная двуустка, производит личинок, которые развиваются, образуя других личинок, называемых красными. Каждая редия обычно развивается в другую личиночную форму, называемую церкарией, которая в конечном итоге развивается во взрослого червя. Но при определенных обстоятельствах каждая редия может делиться и воспроизводить несколько дочерних редий, и может даже быть несколько поколений этих личинок. У многих низших животных почки могут образовываться практически на любой части тела, и каждая из этих почек может воспроизводить весь организм. У растений весь организм может быть выращен из очень ограниченной части или черенка. Таким образом, индивид, будь то первого, второго или третьего порядка, может быть разделен, не обязательно переставая быть тем, чем он был.

Регенерация фрагментов, отделенных от полностью развитого взрослого организма, с образованием целостных организмов, как правило, не происходит среди высших животных, равно как и, как правило, не происходит размножения почкообразованием. Когда такие животные размножаются, яйцеклетка развивается с образованием большой массы клеток, которые позже дифференцируются, образуя ткани и органы взрослого организма. Но относительно небольшое количество недифференцированных клеток сохраняется в яичниках самок или в семенниках самцов, и каждая из этих клеток может снова развиваться и воспроизводить организм. Очевидно, что этому процессу нет предела: яйцеклетка любого животного может делиться последовательно, так что образуется бесконечный геометрический ряд, и в каждом члене этого ряда содержатся все потенциальные возможности первого.

Физическая концепция индивидуальности — того, что не может быть разделено, или что не может быть разделено, не переставая быть тем, чем оно было, — такая индивидуальность, какой обладает химическая молекула, не может быть применена к организму. Любое определение, включающее идею сущности, терпит неудачу. Очевидно, что понятие особи, наиболее часто встречающееся в зоологических трудах, — что она является продуктом развития одной яйцеклетки, — несостоятельно, поскольку при логическом применении оно рассматривало бы все потомство яйцеклетки, то есть все организмы, принадлежащие к виду, как особь. Ясно, что трудности этой концепции возникают из-за нашей попытки отождествить жизнь организма с материальной совокупностью, в которой эта жизнь проявляется. В ходе поколения за поколением яйцеклетка делится, растет и снова делится, и так далее без видимых ограничений. Но если мы предположим, что “организация” или “энтелехия” материальна и способна к этой

бесконечной делимости без ущерба для своих атрибутов, не распространяем ли мы на материю свойство, принадлежащее только понятиям, с которыми имеет дело математика?

Обсуждение индивидуальности применительно к организму, рассматриваемому как морфологическая единица, действительно, носит скорее формальный характер и ценно лишь постольку, поскольку его целью является установление наиболее удобной терминологии. Тем не менее, понятие органической индивидуальности нам ясно, хотя это понятие ощущается интуитивно и не поддается анализу. Мы видим в природе животных, подобных нам, и не сомневаемся, что каждое из них является существом, изолированным от остальной вселенной, и по отношению к которому остальная вселенная относительна. Мы сами в первую очередь являемся центрами действия. Движение или изменение положения по отношению к какому-либо объекту, отличному от нас самих в природе, является лишь относительным, и во вселенной нет такого эталона или точки, которые были бы неподвижны и к которым мы могли бы отнести движение тела, отличного от нашего собственного. Но движение нашего собственного тела - это нечто ощущаемое интуитивно, нечто абсолютное. По мере нашего движения вселенная, вернее, наша вселенная — то есть все, на что мы *воздействуем на самом деле или в наших размышлениях* — сжимается в одном направлении и расширяется в другом. Мы чувствуем себя обособленными от него, хотя и можем, в какой-то степени, контролировать его. Мы не сомневаемся, что высшие животные испытывают это чувство изоляции от вселенной и связи с ней, которая является чем-то отличным от них самих; хотя, конечно, попытка продемонстрировать это приводит ко всем видам трудностей, которые возникают при нашей попытке обсудить индивидуальность. Это убеждение настолько сильно, что у нас нет в нем никаких сомнений. Органическую особь мы можем тогда описать как изолированную автономную совокупность физико-химических частей, способных к неограниченному росту или размножению.²⁶

Что такое размножение? Это органический рост путем диссоциации, сопровождающийся у высших организмов дифференциацией и реинтеграцией. Чтобы прояснить это утверждение, мы должны теперь рассмотреть явления размножения у низших и высших организмов.

Мы знаем чисто физический рост. Если маленький кристалл какого-нибудь подходящего вещества суспендировать в неограниченно большом количестве раствора того же химического вещества, он начнет расти, и нет видимого предела массе, которой он может достичь. Такие гигантские кристаллы могут быть выращены в лаборатории или их можно найти в горных породах. Рост здесь представляет собой процесс аккреции, при котором сохраняется определенная форма. Форма в неорганической природе может быть существенной или случайной. Случайные формы - это такие, которые частично являются результатом очень большого количества мелких и нескоординированных причин: формы острова или горы, подверженных эрозии, или формы речной долины или дельты, или расположения камней, образующих морену на склоне ледника. Существенные формы - это такие формы, которые принимаются в результате действия одной или нескольких согласованных причин, и таковы формы кристаллов. Они неизменны или изменяются в очень малых пределах относительно неизменной средней формы.

Форма кристалла зависит от структуры молекул химического вещества, из которого он получен. Мы, конечно, не можем говорить о форме молекулы, но мы знаем, что атомы, из которых она состоит, имеют определенные положения в пространстве относительно друг друга —

положения, которые концептуализированы в структурных формулах химиков. В растворе, или маточном растворе, эти молекулы свободно перемещаются друг между другом, но в кристалле они сцепляются друг с другом, и их движения ограничены. Форма кристалла зависит от способа, которым молекулы сцеплены вместе, или от способа, которым они расположены. Куб может быть построен путем расположения нескольких очень маленьких кубиков: очевидно, что мы не смогли бы сделать куб из нескольких очень маленьких шестиугольных призм, если бы последние были собраны вместе таким образом, чтобы занимать минимум места. Бесконечно большое количество кубов также может быть сформировано путем добавления отдельных слоев очень маленьких кубов к граням уже существующего, то есть путем наращивания элементов по существу схожей формы. В каждом кубе (или кристалле) из этого бесконечного числа геометрическая форма была бы одинаковой, и если бы мы измерили какую-либо одну сторону любого куба из этого ряда, мы обнаружили бы, что общая поверхность всегда была бы определенной функцией длины этой стороны. Масса куба также зависела бы от такого измерения: она составляла бы al^3 , а будучи постоянной величиной, зависящей от единицы массы и от удельного веса вещества, из которого состоял кристалл. Если мы возьмем серию кристаллов увеличивающегося размера, это соотношение справедливо для каждого из них: $M = al^3$, M - масса, a постоянная, упомянутая выше, и l , независимая переменная, представляющая собой любую длину стороны кристалла.

Если организм растет путем аккреции таким же образом, как и кристалл, это соотношение также должно сохраняться со всей исключительностью, с которой мы ожидаем, что оно сохранится при росте кристалла. Но оно растет не так. Его рост - это нечто существенно иное, и ни одна из поверхностных аналогий, столь распространенных в наши дни, не должна заслонять это различие. Организм может расти путем разрастания, таким образом, слои известкового вещества могут быть добавлены снаружи мембранной кости из вкладывающей надкостницы, или он может расти за счет отложения вещества внутри самих клеточных тел (процесс роста путем инвагинации у физиологов растений). Но степень роста путем аккреции строго ограничена у всех организмов: для каждого существует максимальная масса, определяемая природой животного или растения, и эта масса является массой самого одноклеточного организма или массой клеток, из которых состоит многоклеточный организм. Также может иметь место рост за счет приращения в случае формирования скелетных структур, которые закладываются при помощи клеток организма, но если мы ограничим наше внимание ростом собственно живой субстанции, мы увидим, что приращение прекращается, когда достигается массовая характеристика клеток, когда начинается рост за счет диссоциации. Затем клетка делится, и каждая из частей, на которые она разделилась, увеличивается до предельного размера, и снова происходит деление. Это то, что происходит в случае роста яйца морского ежа с образованием личинки, или бластулы. Яйцеклетка делится на два бластомера, каждый из которых затем растет до определенной степени, и снова делится на два бластомера. После завершения десяти делений остается около 1000 клеток, которые расположены так, что образуют полый шарик — бластулу.

Теперь начинается дифференцировка. На стадии бластулы все клетки похожи, фактически и потенциально. Но вскоре одна часть полого шара из клеток выталкивается внутрь, и клетки этого внутреннего слоя становятся отличными от клеток внешнего слоя, в то время как в пространстве между внешним и внутренним слоями появляются клетки третьего рода.

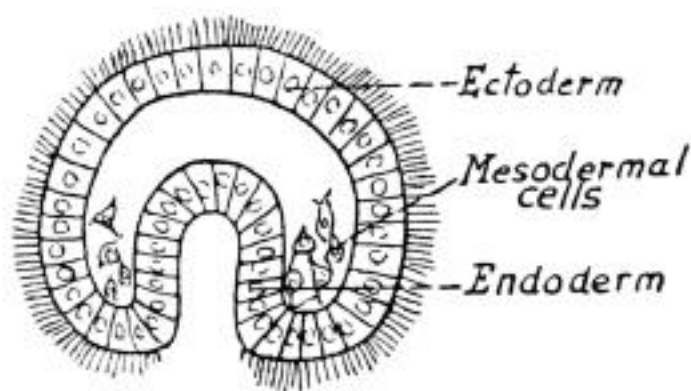


Рис. 20. Личинка гастролы морского ежа в разрезе. Это процесс дифференцировки, ведущий к развитию различных тканей -защитной, сенсорной, пищеварительной, скелетной и т.д. Клетки все еще продолжают делиться и увеличиваться до своего максимального размера, но когда начинается процесс дифференцировки, образующиеся клетки уже не совсем такие, как те, из которых они произошли. Однако, наконец, когда зачатки всех тканей взрослого организма заложены, клетки начинают производить дочерние клетки только одного вида. Таким образом, рост эмбриона состоит из диссоциации или деления вещества яйцеклетки и бластомеров, за которым следует постепенно усиливающаяся дифференцировка образующихся таким образом клеток.

Реинтеграция происходит постоянно. Бластулы и личинки гастролы действительно являются организмами, способными вести независимое существование, то есть они являются автономными образованиями или индивидуумами. Деятельность частей, из которых они состоят — эктодермальных локомоторных клеток, эктодермальных сенсорных клеток, энтодермальных ассимиляторных клеток и так далее, должна быть скоординирована. Клетки находятся в органической материальной неразрывности друг с другом, и события, происходящие в любой из них, влияют на все остальные. Впечатления, производимые на сенсорные клетки, передаются опорно-двигательным клеткам, а усвоенный ассимиляционными клетками пищевой материал распределяется по всем остальным. На всех стадиях растущий эмбрион представляет собой органическое единство. Чем полнее она развита, чем больше морфологическая сложность организма и чем многочисленнее его виды деятельности, тем больше дифференциация; но тем больше также координация органов и тканей. У высших животных эта координация и интеграция деятельности осуществляется (главным образом) центральной и периферической нервными системами, но специально дифференцированные нервные клетки для этой цели не нужны. Следовательно, дифференциация в процессе роста обязательно сопровождается реинтеграцией диссоциированных и дифференцированных частей.²⁷

В процессе органического роста соотношение между массой и формой больше не соблюдается со всей точностью, с которой оно применимо к росту кристалла. Мы могли бы потратить всю жизнь на выращивание таблеток тростникового сахара, но во всех случаях мы обнаружили бы, что масса любого кристалла пропорциональна кубической длине диаметра: существовала бы строгая зависимость между массой и геометрической формой. Но это строгое соотношение не выполняется в случае ряда организмов, принадлежащих к одному и тому же виду, но различающихся по размеру. Если мы измерим, например, длину большого количества рыб одного и того же вида, то обнаружим, что закон роста следует описывать не простым

уравнением $M = al^3$, а эмпирически оцененным выражением вида $M = a+bl+cl^2+dl^3+ \dots$ и что константы в этом уравнении будут меняться в зависимости от изучаемого вида и условий, в которых он обитает — то есть организм меняет форму по мере увеличения в размерах. Это немыслимо в случае чисто физического роста путем наращивания молекул, и мы снова обнаруживаем, что характеристики организма зависят не только от того, что он собой представляет, но и от того, каким он был, то есть от его продолжительности. Таким образом, рост растений и животных подразумевает изменчивость формы, в общем, кумулятивную изменчивость, ведущую к неопределенному отклонению от типичной формы.

Следовательно, организм растет не просто за счет накопления материала, но, достигнув определенного предела размеров, он делится или размножается. У низших растений и животных этот процесс деления прост: либо организм (одноклеточный или многоклеточный) делится на две приблизительно равные части, либо он делится на ряд таких частей. Первый процесс представлен размножением бактерии или *Амбы*, или делением планарного червя; второй представлен делением (например, у многих простейших) всего организма в целом на ряд спор. По сути, эти два процесса похожи: за простым двойным делением бактерии сразу следует рост путем аккреции, в то время как при формировании выводка (случаи множественного деления) родительская клетка делится, а затем каждая из дочерних клеток делится, и так далее в течение нескольких поколений. После завершения этих делений выводковые клетки увеличиваются до своих нормальных размеров. В свете нашего предыдущего обсуждения бессмысленно говорить, что индивидуальность материнской клетки “сливается с индивидуальностью дочерних клеток”. Но мы можем полагать, что *Парамикум* обладает некоторой степенью сознания. Обладает ли он индивидуальностью, то есть чувством изоляции от остальной вселенной и чувством единства со своим собственным прошлым-памятью или сознательной длительностью? Если это так, то его личность, когда он делится, становится единой с личностью его дочерних клеток. Или его личность и сознательное прошлое принадлежат также его сестринским клеткам, а также больше не существующей материнской клетке и клетке, частью которой она, в свою очередь, была? Мы должны помнить, что такой организм, как *Паразиты*, проявляет в своем поведении большинство признаков интеллекта; что части, на которые он делится при размножении, одинаково развиты; и что процесс деления может не прерывать сознательного существования ни одной из частей. Существует ли общая личность, или единство сознания, у всех организмов этого вида, которые произошли от одного и того же индивидуума?

Размножение путем деления, простого или многократного, в случае одноклеточных организмов не продолжается бесконечно. Рано или поздно наступает предел, и клетка больше не может продолжать деление. Затем конъюгация происходит одним из многих способов. По сути, два организма вступают в контакт, и их ядра сливаются, или, скорее, часть материала одного ядра переносится в другое. Затем клетки разделяются, и размножение путем деления начинается снова.

Это не обязательно половое размножение: это конъюгация по существу сходных морфологических образований. Если бы две сопряженные *Парамиксии* обладали различными личностями, мы могли бы представить себе слияние или сложение двух сознательных длительностей или воспоминаний. Сексуальность, однако, включает в себя нечто меньшее. При таком способе размножения спаривающиеся органы являются не организмами в обычном смысле этого слова, а скорее модифицированными организмами или сильно

модифицированными частями организмов. У некоторых низших растений конъюгирующие клетки могут быть модифицированы по отношению к клеткам, характерным для данного организма, но они могут быть приблизительно одинаковыми по размеру. Но у многоклеточных растений и животных, как правило, конъюгаты представляют собой клетки, отделенные от родительского организма и отличающиеся главным образом от клеток последнего отсутствием дифференцировки. Одной из таких клеток, отделившейся от отцовского организма, является сперматозоид (в случае животного) или пыльцевая клетка (в случае растения). Она намного меньше, чем половая клетка, отделившаяся от материнского тела: это яйцеклетка в случае животного или оосфера в случае растения. В целом яйцеклетка представляет собой относительно крупную клетку, поскольку она содержит обильную цитоплазму, которая также может быть заполнена желтком или другим запасным пищевым материалом. Сперматозоид намного меньше и состоит из ядра с минимальной массой цитоплазмы. Яйцеклетка, как правило, неподвижна; сперматозоид, как правило, очень подвижен.

Таким образом, существенным процессом полового размножения одноклеточных организмов является конъюгация самих организмов. В многоклеточных организмах модифицированные клетки - зародышевые клетки - отделяются от тел родителей, и эти клетки конъюгируют. У многих низших растений и животных фазы полового и бесполого размножения чередуются, таким образом, *Paramecium* размножается простым делением, но через определенные промежутки времени происходит конъюгация. У растений чередуются спорофитные и гаметофитные поколения, спорофит размножается множественным делением, то есть образованием спор, а гаметофит размножается образованием зародышевых клеток. Существует мало организмов — возможно, ни одного, — у которых непрерывное бесполое размножение путем простого или многократного деления, образования спор, почек и т.д. Может продолжаться неограниченно. В подавляющем большинстве исследованных случаев бесполое размножение через некоторое время ослабевает, а затем прекращается, и считалось, что стимул конъюгации клеток, или стимул полового размножения, необходим для его возобновления. В таких случаях говорят, что организм стал “стареющим”, и “омоложение” каким-то образом становится необходимым. Как правило, омоложение осуществляется путем обмена ядерным веществом между двумя конъюгирующими организмами, но оно может быть вызвано отдыхом, или изменением окружающей среды, или добавлением какого-либо необычного пищевого материала в жидкость, в которой содержится делящийся организм. Таким образом, если в воду, в которой обитает делящийся паразит, добавлять различные материалы, то простейший может продолжать размножаться простым делением по меньшей мере в течение двух тысяч поколений. Однако мы должны помнить, что “старение” и “омоложение” - это всего лишь слова; какова существенная природа изменений, обозначаемых ими, мы не знаем.

При половом размножении, как это происходит у подавляющего большинства растений и животных, яйцеклетка, или женская зародышевая клетка, оплодотворяется или “активируется” мужской зародышевой клеткой. Но в этой активации сперматозоида нет необходимости, поскольку яйцеклетка сама по себе способна к делению и развитию, образуя полноценный организм. Это происходит в случаях естественного партеногенеза у насекомых и некоторых других животных, когда яйцеклетка без оплодотворения переходит к сегментации и развитию. У некоторых низших растений, где размер мужской и женской зародышевых клеток почти одинаков, любая из них может подвергаться партеногенетическому развитию: в таких случаях мы, конечно, не можем должным образом говорить о половой дифференцировке. В случаях

организмов, нормально размножающихся половым путем, стимулом к развитию служит попадание сперматозоида в яйцеклетку, то есть смесь мужской и женской зародышевой плазмы; но у некоторых животных этот стимул может быть заменен добавлением в воду, в которой они живут, определенных химических веществ. Это процесс искусственного партеногенеза, впервые изученный Лебом на примере яиц морского ежа; и его анализ предполагает, что сперматозоид переносит в яйцеклетку какое-то вещество, и что это вещество инициирует сегментацию, запуская цепочку химических реакций. Что именно представляют собой эти реакции и каков процесс "формирующей стимуляции" сперматозоидом, мы не знаем. Однако совершенно очевидно, что в оплодотворении яйцеклетки сперматозоидом участвует гораздо больше, чем этот процесс стимуляции формирования. Смесь мужской и женской зародышевой плазмы, возникающая в результате конъюгации, наделяет эмбрион признаками как родителей, так и их предков.

В одноклеточном организме "тело" состоит из одной клетки, содержащей ядро. Внелегочная часть клетки — цитоплазма — модифицируется различными способами: так, у нее могут быть жгутики или реснички, благодаря чему она может активно передвигаться. Это одновременно рецепторный аппарат, чувствительный к изменениям среды, в которой он обитает, и эффекторный аппарат, способный преобразовывать полученные стимулы в двигательные импульсы. Он может быть способен накапливать доступную энергию, используя энергию излучения для синтеза углеводов и белков из неорганических веществ, находящихся в растворе в воде, в которой он живет; и он также способен расходовать эту энергию в контролируемых движениях. Фактически, все характеристики жизни проявляются одноклеточным организмом, дифференцировка цитоплазмы которого функционально соответствует дифференцировке тканей многоклеточного животного или растения.

В последнем случае органы, системы органов и ткани состоят из дифференцированных клеток. Развитие состоит, по существу, из процесса образования клеток путем простого деления, и в конце этого процесса сегментации образуются различные зачатки (Анлаген). Эмбриологи старшего поколения пытались распознать образование трех "зародышевых слоев" у большинства групп животных: это были внешний слой, или эктодерма, средний слой, или мезодерма, и внутренний слой, или энтодерма. Считалось, что эктодерма дала начало кожному покрову, центральной и периферической нервным системам и органам чувств. Мезодерма дала начало мускулатуре и скелету, органам выделения и некоторым другим тканям. Энтодерма дала начало в основном пищеварительному каналу и его железам. "Теория гастреи" Геккеля стремилась распознать сходную личиночную форму, или "Гастрею", в развитии большинства многоклеточных животных, и для установления этой гомологии потребовалась большая изобретательность аргументации. Новейшая эмбриология признает трудности, связанные с применением, во всей ее исключительности, теории Гастреи к высшим типам многоклеточных животных; так что в настоящее время было необходимо отказаться от представления о многоклеточных животных как о создании из этих трех первичных зародышевых листков. Таким образом, по завершении сегментации эмбрион состоит из массы клеток, похожих друг на друга по структуре, но различающихся по судьбе и потенции. Некоторым из этих клеток суждено дать начало кожному покрову, нервной системе и органам чувств; другие становятся скелетом и мускулатурой; а третьи снова становятся органами пищеварения, ассимиляции и выделения. Первичное расположение этих групп клеток в три слоя действительно устанавливается во многих случаях развития, но очевидно, что это расположение далеко не универсально. Современная эмбриология самым ясным образом показывает, что в конце сегментации

эмбрион состоит из группы клеток, каждая из которых обычно имеет разную судьбу в последующем развитии. Во что именно превратится каждая клетка, зависит от ее положения по отношению к другим. Но каждая клетка способна стать чем-то большим, чем она становится обычно: ее потенциал больше, чем ее реальная судьба. Если нормальный ход развития прерывается, клетка, которая обычно дала бы начало части скелета, может дать начало части пищеварительного канала. Клетки развивающегося эмбриона автономны.

В нормальном процессе развития большинство клеток, существующих в конце сегментации, дают начало “телу” организма, претерпевая дифференцировку по мере своего развития. Но несколько эмбриональных клеток сохраняются без структурных изменений на протяжении всего развития животного. Они делятся и растут и их становится больше в количестве, но остаются неизменными в других отношениях. Эти клетки становятся основными репродуктивными органами, или гонадами, взрослого животного, то есть яичниками самки и семенниками самца. У самок высших животных (млекопитающих и, возможно, некоторых членистоногих) эти клетки делятся и растут только на ранних стадиях развития, и задолго до начала взрослой жизни количество яйцеклеток в гонадах становится постоянным. Однако у всех самцов и у самок большинства животных репродуктивные клетки, по-видимому, способны к неограниченному размножению.

Основные клетки гонад, материнские клетки яичников или материнские клетки сперматозоидов, составляют зародышевую плазму. В современной умозрительной биологической литературе термин "зародышевая плазма", однако, ограничивается цветковым материалом в ядрах репродуктивных клеток, при этом цитоплазма рассматривается как несущественная для передачи наследственных качеств организма. Однако кажется очевидным, что это различие между цитоплазмой и цветковым веществом ядра не всегда является достоверным, так что лучше всего говорить о целой клетке как о составляющей зародышевую плазму. Следовательно, у эмбриональных клеток разные судьбы: некоторые из них трансформируются в процессе развития в тело или *сому*, а другие остаются неизменными на протяжении всей жизни в виде *зародыша*. Сомы вступают в тесные отношения с окружающей средой; на нее влияют превращения последней; и она может активно реагировать на них. Возможно, было высказано предположение, что зародышевые клетки могут мигрировать по организму, фатально и безответственно превращаясь в таинственные злокачественные опухоли взрослой жизни. Однако в норме они остаются изолированными в репродуктивных железах, изолированными от внешней среды. Их деятельность присуща им самим, она ритмична и становится функциональной только после вступления сомы в фазу половой зрелости. С точки зрения вида, сома - это всего лишь оболочка зародышевых клеток. На него влияет каждое изменение окружающей среды, и, как правило, под кумулятивным воздействием последней, он в конце концов становится непригодной оболочкой. Затем следует соматическая смерть как естественное завершение, но зародышевые клетки в некотором смысле бессмертны, поскольку они сохраняют способность к неограниченному росту путем деления.

При половом размножении высшего организма часть зародышевой плазмы отделяется, подвергается росту и развивается в организм, демонстрирующий родительскую организацию. Но в процессе развития потомства часть зародышевой плазмы, полученной от родителя, сохраняется в неизменном виде, передается другому поколению и так далее без видимых ограничений. *Что-то передается от родителя к потомству*. Это нечто мы рассматриваем как клетку, обладающую определенной химической и физической структурой; но хотя

зародышевая клетка отличается в определенных отношениях от обычной соматической клетки, эти структурные и химические различия несущественны, когда их сравнивают с различиями в потенциальных возможностях клеток. Соматические клетки, как правило, способны воспроизводить только общий характер тканей, частью которых они являются. Некоторые из них, например, клетки серого вещества центральной нервной системы, по-видимому, неспособны к делению и росту. Но опять же, факты регенерации, по-видимому, указывают на обладание соматическими клетками чем-то большим, чем эта ограниченная способность воспроизводить ткани, частью которых они являются: в этой степени эксперименты по регенерации имеют тенденцию стирать существенное различие между соматическими и зародышевыми клетками. Пренебрегая пока этими результатами, мы видим, что зародышевые клетки содержат в себе потенциал воспроизведения всего организма во всей его специфичности. То, что передается от родителя к потомству, - это родительская организация во всей ее специфичности; и говорить, что эта организация материальна, значит, конечно, выдвигать гипотезу, а не факт наблюдения.

Эта передача определенной формы и способа поведения от поколения к поколению — это то, что пытается объяснить гипотеза наследственности, то есть описать в максимально простых терминах, используя концепции физической науки. “Двенадцать лет назад, ” говорит Жак Леб, “область наследственности была почвой для риториков и метафизиков; сегодня это, пожалуй, самая точная и рационалистическая часть биологии, где факты можно предсказать не только качественно, но и количественно”. Пусть читатель сам изучит скудный набор фактов, на которых основан этот апофеоз механистической биологии.

Внимания требуют две современные гипотезы наследственности — гипотеза Вейсмана о непрерывности зародышевой плазмы и “Мнемическая” гипотеза Семона. В последнем предполагается, что в основе наследственности лежит бессознательная память организма: способы функционирования “запоминаются” зародышевой плазмой и передаются. Это понятие имеет многосходства с тем, которое мы рассмотрим позже, так что здесь о нем нужно только упомянуть. Гипотеза Вейсмана — как и гипотеза Дарвина о Пангенезисе — является корпускулярной и, очевидно, была предложена современным развитием концепций молекул и атомов в физических науках. Это предполагает, что то, что передается по наследству, является материальной субстанцией с определенной химической и физической структурой. Это не зародышевая клетка и даже не ядро последней, а определенный материал, содержащийся в ядре. Последний содержит белковые вещества, содержащие большую долю фосфорной кислоты, чем цитоплазма клеток в целом; эти белки известны как нуклеопротеины, хотя наши знания об их химической структуре пока не очень точны. Однако это не зародышевая плазма, а вещество в ядре, *которое становится видимым, когда клетка погибает определенными способами, и которое окрашивается определенными основными красителями*. Он отличается только этим свойством и по этой причине широко называется “хроматином”. Это вещество Вайсман определяет как “материальную основу наследования”.

Когда клетка делится, обычно происходит очень сложная цепочка событий. Этот процесс “митоза” демонстрирует множество вариаций деталей, и без реальной демонстрации его довольно трудно четко объяснить. Но его существенной особенностью, очевидно, является точное деление пополам всех структур в клетке, которая вот-вот разделится. В обычной клетке, которая не собирается делиться немедленно, хроматин рассеян по всему ядру в виде очень многочисленных мелких гранул, распознаваемых только по реакции их окрашивания. Они могут

быть сосредоточены в какой-то части ядра, так что деление через плоскость геометрической симметрии клетки, как правило, не привело бы к сокращению хроматина ровно вдвое. Следовательно, перед делением это вещество агрегируется в виде гранул, расположенных вдоль извитой нити вещества, называемого “линии”, которое характеризуется главным образом тем фактом, что *оно не окрашивается красителями, которые окрашивают хроматин*. Нить распадается на короткие стержни, называемые хромосомами, и эти стержни располагаются по экватору ядра. Затем стержни расщепляются в продольном направлении, и половина каждого из них движется к одному полюсу ядра, а другая половина движется к другому полюсу. Различные другие модификации клетки и ядра происходят одновременно с этими изменениями, но существенной вещью, которая происходит, по-видимому, является сокращение вдвое всех структур клетки, и это самое простое объяснение феномена митотического клеточного деления. Затем в результате деления материнской клетки образуются две дочерние клетки, и каждая из этих дочерних клеток получает половину каждой из гранул хроматина, которые содержались в материнской клетке.

Видно, что хромосомы, или “идентификаторы”, состоят из отдельных гранул, и это (обычно) тела, известные как “Идентификаторы”. Идентификатор не может быть разделен микроскопом на какие-либо более мелкие структуры: он находится за пределами возможностей искусственного зрения; но гипотеза предполагает, что он состоит из частей, называемых “Детерминантами”, а детерминанты, как далее предполагается, состоят из “Биофоров”. Биофоры являются основными органическими единицами или элементами, и они имеют тот же порядок величины, что и химические молекулы. Мы должны предположить, что они более сложны, чем белковая молекула, и последняя содержит многие сотни (по меньшей мере) химических атомов. Теперь можно рассчитать количество атомов, содержащихся в частице того же размера, что и идентификатор: такой расчет может быть произведен различными методами, и все они дают совпадающие результаты. Это расчетное количество атомов может быть меньше того, которое, как мы должны предполагать, присутствует в биофорах, из которых состоит гипотетический идентификатор!²⁸

Предполагается, что идентификатор содержит все потенциальные возможности полностью развитого организма. Она состоит из определенного числа детерминант, каждая из которых является “фактором” для некоторой определенной материальной составляющей взрослого организма. Был бы определитель для каждого вида клеток в сетчатке глаза, один для хрусталика, один для роговицы (или, скорее, для каждого вида ткани в последней), по одному для каждого вида пигмента в сосудистой оболочке и радужной оболочке и так далее; каждый конкретный вид ткани в организме был бы представлен определителем. Таким образом, в частице, находящейся как раз на границе микроскопического зрения, упакованы представители всех тех частей тела, которые химически и физически индивидуализированы, причем каждый из этих гипотетических “факторов” представляет собой очень сложную совокупность химических атомов. В процессе развития детерминанты отделяются друг от друга, так что любые части тела, образованные первыми двумя бластомерами, представлены детерминантами, которые содержатся в этих клетках и которые отсеиваются друг от друга и сегрегируются. По мере развития этот процесс просеивания становится все тоньше и тоньше, пока, когда зачатки каждого вида ткани не будут заложены, клетка не будет содержать только один вид детерминанты. Он состоит из биофоров особого вида, которые затем мигрируют из хроматина в

цитоплазму клеток, в которых они содержатся, и приступают к созданию определенного вида необходимой ткани.

Ядро зародышевой клетки, таким образом, представляет собой смесь невероятной сложности, но в дополнение к этой материальной смеси в нем должны существовать средства для расположения детерминант в положениях относительно друг друга, занимаемых взрослыми органами и тканями. Для этой цели потребовался бы механизм невообразимой сложности, и это должен быть механизм, включающий только известные химические и физические факторы. Можно с уверенностью сказать, что в гипотезе не содержится абсолютно никакого намека на природу этого механизма.

Детерминанты должны быть способны расти путем размножения или приращения новых биофоров, поскольку в каждом поколении образуются новые зародышевые клетки. Если мы скажем, что они растут путем размножения в том смысле, в каком организм растет путем размножения, мы зададим вопрос о способах их образования. Растут ли они за счет добавления аналогичных веществ так, как растет кристалл? Если это так, то молекулы, из которых они состоят, должны существовать в лимфотоке, омывающем зародышевые клетки, то есть сами биофоры уже должны существовать в этой жидкости, ибо если мы предположим, что биофоры способны делиться и расти, используя белковые вещества, которые, как мы знаем, присутствуют в лимфотоке, то мы наделяем эти органы всеми свойствами полностью развитого организма. Если они присутствуют в крови, то состав последней должен быть невообразимо сложным, поскольку в ней должно содержаться столько веществ, сколько различных тканей в организме животного. Мы, конечно, знаем, что это не так. Как же тогда воспроизводятся биофоры?

Мы должны покинуть это поле необузданных спекуляций (которое, безусловно, не может быть “самой точной и рационалистической частью биологии”). Изучение воспроизводства организма показывает, что нечто — то, что мы называем специфической организацией, — передается от родителей к потомству, и что это нечто *может* обладать высокой степенью стабильности. Никаких видимых изменений значимости не наблюдается в очень многочисленном поколении организмов (например, 2000 поколений *Paramœcium*, которые были выведены Woodruff), которые могут быть получены путем экспериментального разведения. Некоторые виды животных — например, плеченогий *язычок* — сохранились неизменными с палеозойских времен. На протяжении невероятно многочисленных поколений, представленных этой серией животных, специфическая организация, должно быть, передавалась в почти абсолютно неизменном состоянии. Таким образом, зародышевая плазма непрерывна от поколения к поколению и обладает чрезвычайно высокой степенью постоянства характера. Эта концепция непрерывности и стабильности конкретной организации является ценностной чертой вейсманизма, и все, что мы знаем о феноменах наследственности, подтверждает ее. Но рассматривать организацию как совокупность химически различных веществ — чистая спекуляция, или, если мы скажем, что эта спекуляция скорее рабочая гипотеза, тогда она должна оправдать себя, снова вернув нас к результатам опыта.

Однако было бы не совсем точно утверждать, что организация сохраняется неизменной из поколения в поколение. Потомок похож на родителя, то есть организация передавалась без изменений. Но потомство также лишь немного отличается от родительского, то есть организация видоизменяется при каждой передаче. В этих двух утверждениях мы самым

простым образом формулируем закон органической изменчивости. Очевидно, что организмы могут быть распределены по категориям таким образом, что особи в какой-либо одной категории больше похожи друг на друга, чем на особей, принадлежащих к другой категории. Путем экспериментального разведения мы можем создать совокупность организмов, у каждого из которых был общий предок или пара предков. Итак, особи, составляющие такую совокупность, демонстрировали бы близкое сходство друг с другом, такое сходство, какое, как считается, демонстрируют наши категории встречающихся в природе организмов. Мы также должны были бы обнаружить, что особи нашего естественного сообщества были бы способны скрещиваться между собой, точно так же, как в случае с экспериментально созданной популяцией. Таким образом, можно сделать вывод, что естественная популяция также является продуктом пары предков. Эта взаимная фертильность, а также близкое морфологическое сходство особей являются фактами, на основании которых формируется гипотеза об общем происхождении и единстве совокупности, или вида.

Морфологическое сходство между особями, как в естественных, так и в искусственных популяциях, не является абсолютным. Если мы возьмем любой отдельный признак, поддающийся измерению, мы обнаружим, что он варьируется от организма к организму. Эта важная концепция органической изменчивости может быть более ясна на конкретном примере. Изучение большого количества раковин моллюсков, взятых из одной и той же ограниченной части морского побережья и, следовательно, принадлежащих предположительно к одной и той же расе, покажет, что количество расходящихся гребней на раковине варьируется от 19 до 27 и что отношение длины к глубине раковины также варьируется от $1 : 0,59$ до $1 : 0,85$. В первом случае наиболее распространенное количество гребней равно 23, а во втором случае наиболее распространенное соотношение длины к глубине составляет $1 : 0,71$. Это характерные или модальные значения рассматриваемых морфологических признаков, а другие или менее часто встречающиеся значения распределены симметрично по обе стороны от среднего или модального значения, образуя «частотные распределения».²⁹ Значение первого символа изменяется на единицу в любом распределении: очевидно, что не может быть доли гребня; и такого рода вариации называются «прерывистыми». Значение второго символа может изменяться незаметно, и поэтому его называют «непрерывным», что не является строго точным термином, поскольку при его применении мы предполагаем, что числовая разница между двумя переменными может быть меньше любого конечного числа, каким бы малым оно ни было. В этом предположении мы постулируем для биологии особую математическую концепцию бесконечной делимости.

Отличие от способа, или среднего, в отношении определенного признака у полностью взрослого организма может быть обусловлено прямым действием окружающей среды в том смысле, в каком мы рассматривали окружающую среду как влияющую на организм; или это может быть связано с изменениями в организме, происходящими в результате увеличения или уменьшения использования некоторых его частей. Условия питания, например, не будут одинаковыми для всех особей, составляющих скопление мидий, растущих на морском дне. Те, кто находится внутри скопления, не получают такого обильного запаса морской воды, как те, кто находится за пределами скопления; и поскольку количество пищи, получаемое любой особью, зависит от количества воды, протекающей через нее в единицу времени, мы обнаружим, что особи, расположенные внутри, будут низкорослыми или низкорослыми, в то время как те, кто снаружи, будут хорошо выращенными. Такие вариации являются приобретенными, но даже когда мы допускаем их, даже если мы позаботимся о том, чтобы все изучаемые организмы жили

в условиях, максимально приближенных к однородным, некоторая степень изменчивости все равно будет существовать. Мы не можем быть уверены, что это абсолютное единообразие когда-либо существовало; и понятие окружающей среды организма может быть расширено таким образом, чтобы включить среду, в которой происходило эмбриональное развитие, и даже родительский организм, который сформировал среду для зародышевых клеток, из которых началось эмбриональное развитие. Но, вероятно, дело обстоит так, что даже в однородной среде или в такой, в которой различия были незначительными, изменчивость все равно существовала бы. Вариации, которые могли бы наблюдаться в таком случае, были бы двух видов — “флуктуирующие вариации” и “мутации”.

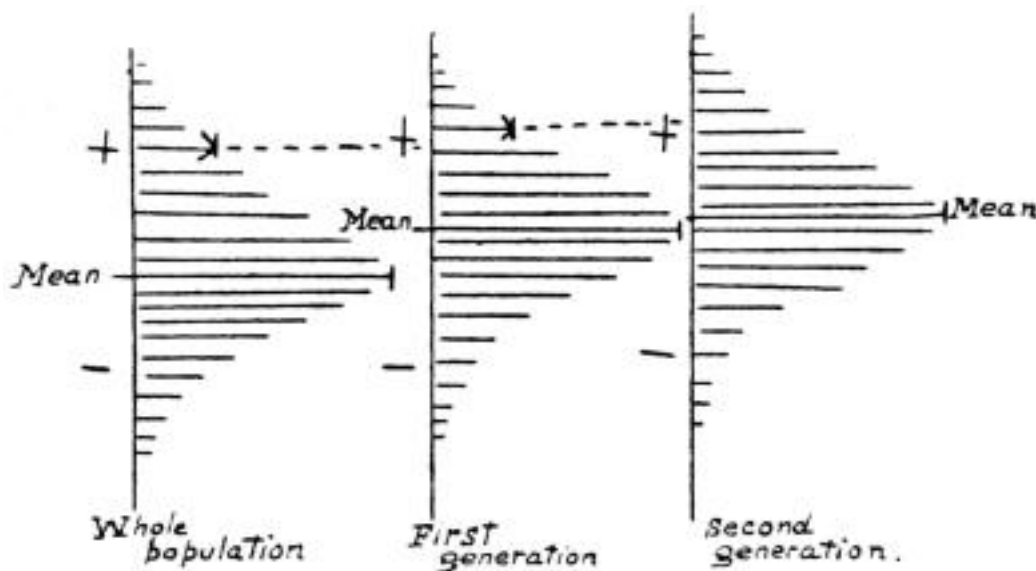


Рис. 21.

Являются ли вариации, наблюдаемые в популяции организмов, флуктуациями или мутациями, можно определить только экспериментальным путем. Давайте предположим, что мы имеем дело с человеческой популяцией и что исследуемая вариация связана с ростом. Пусть мужчины со статусом, значительно превышающим среднее значение, женятся на женщинах соответствующего роста, тогда будет обнаружено, что дети от этих союзов, когда вырастут, будут демонстрировать рост, превышающий рост всего населения, но не такой высокий, как у их родителей, — то есть происходит регресс к среднему значению для всего населения.

Это показано на приведенной выше диаграмме, где линии выше и ниже средней указывают долю (относительно значения или частоты среднего значения) людей каждого класса роста. Последнее пропорционально расстоянию от среднего значения, измеренному вдоль вертикальной линии, расстояния ниже этой линии указывают на показатели ниже среднего, и наоборот.

Если, с другой стороны, мужчины и женщины со статусом значительно ниже среднего вступают в брак, их дети в конечном итоге будут демонстрировать статусы, которые выше, чем у их родителей, но которые меньше, чем у всего населения. Регрессия снова происходит, но в противоположном направлении, и такой случай был бы представлен приведенной выше

перевернутой диаграммой. Продолжающийся отбор такого рода привел бы к немедленному увеличению среднего роста (или наоборот, если бы “знак” отбора был изменен на противоположный) через одно или два поколения, но после этого величина изменений была бы очень мала, в то время как, если бы отбор прекратился, полученная раса медленно вернулась бы к среднему значению, которое характерно для всей популяции, из которой она произошла. Очень важно понять этот результат практического и теоретического изучения наследственности — отбор обычных вариаций, демонстрируемых общей популяцией, сразу приводит к небольшому изменению среднего значения признака, который отбирается, но дальнейший отбор после этого очень мало влияет на этот результат, в то время как раса медленно возвращается к значению той, из которой она возникла после прекращения отбора.

Расы, которые “правильно размножаются”, конечно, существуют; так, средний рост галлоузйского крестьянина выше, чем у валлийца. В случаях “чистых рас”, то есть рас, которые правильно размножаются по одному или нескольким признакам, мы имеем дело с вариациями другого рода, которые не проявляют тенденции возвращаться к тому значению, из которого они возникли. Пусть наблюдаемая изменчивость роста в человеческой популяции представлена частотным распределением A , и пусть особи при N , то есть те, у которых рост был больше среднего на величину отклонения ON , вступают в смешанные браки. Тогда могло бы случиться, что изменчивость потомства от этих союзов была бы представлена частотным распределением B , в котором среднее значение также соответствует значению запаса при N , от которого произошла раса. Теперь не имеет значения, от каких вариантов в B произойдет потомство третьего поколения: средний рост последнего будет таким же, как у чистой расы. В этом случае особи, от которых произошла чистая раса (те, что находятся в N в A), продемонстрировали мутацию. Рост особей этой новой расы будет продолжать демонстрировать колеблющиеся вариации, и диапазон этой изменчивости может быть таким же, как у породы, из которой он произошел, но *средний рост новой расы останется таким же, как у первоначальных мутантов*.

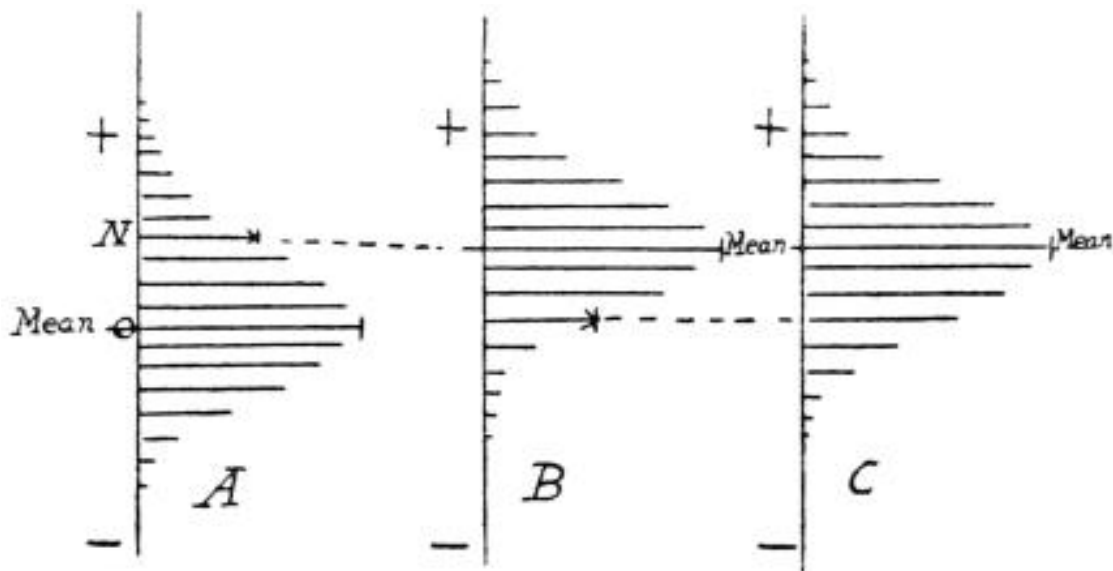


Рис. 22.

Хорошо известно, что сам де Фриз рассматривал флуктуирующие вариации и мутации как нечто совершенно иное. Первое он не рассматривал как нечто новое, а только как увеличение или уменьшение чего-то ранее существовавшего; и он рассматривал колебания как результат

действия окружающей среды, следуя в их распределении законам случайности.³⁰ Мутации, с другой стороны, были чем-то совершенно новым. Мы думаем, что будущий анализ изменчивости не подтвердит обоснованность этого различия. Гораздо более вероятно, что флуктуация - это изменение, которое является результатом некоторых причин, действие которых изменчиво. (Сейчас мы рассматриваем изменчивость как подверженную “причинности” в физическом смысле, поскольку только рассматривая ее таким образом, мы можем попытаться ее проанализировать). Как правило, этот процесс приводит к флуктуации, но если его протяженность или степень действия превышает определенное “критическое значение”, возникает мутация. Мы можем, следуя примеру физиков, проиллюстрировать это с помощью “модели”.

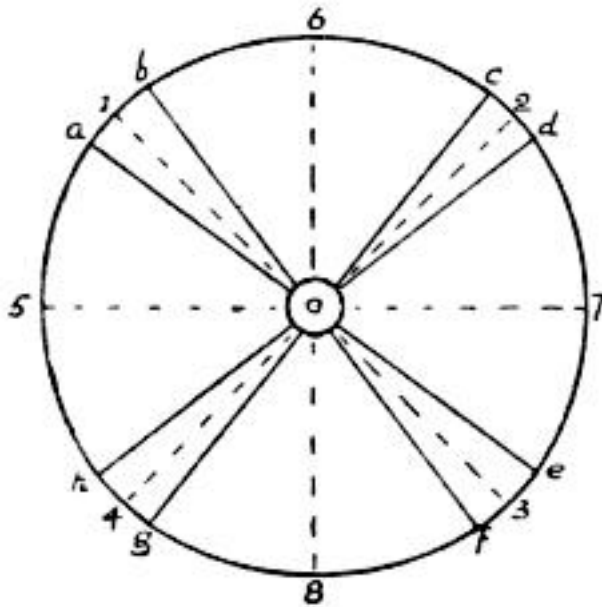


Рис. 23.

Эта модель представляет собой модификацию иллюстрации Гальтона о степенях устойчивости видов. Это деревянный диск, вращающийся по своей периферии. Мы разделим его на сектора, и дуги *ab*, *cd*, *ef* и *gh* будут иметь одинаковый радиус - 10, 20, 30 и 40. Затем мы сглаживаем секторы *bc*, *de*, *fg* и *ha* так, чтобы их радиусы были больше, чем у других дуг. Теперь давайте заставим диск вращаться вокруг точки 8 как центра. Он будет колебаться взад-вперед вокруг среднего положения 8. Давайте представим эти колебания как флуктуации.

Предположим, однако, что мы заставляем диск вращаться немного сильнее, так что он будет колебаться до тех пор, пока одна из точек 3 или 4 не окажется перпендикулярно под центром О. В любом из этих положений диск находится в состоянии “неустойчивого равновесия”, и бесконечно малое увеличение интенсивности колебаний приведет к тому, что он выйдет за пределы точек 3 или 4. Но если он пройдет любую из этих критических точек, он начнет колебаться вокруг любого из новых центров 5 или 7, таким образом вращаясь по одной из дуг *ha* или *de*. Это предположение о новом условии стабильности мы можем сравнить с образованием мутации.

Все это - всего лишь концептуальная физическая модель процесса, о котором мы вообще ничего не знаем. Это призвано проиллюстрировать точку зрения о том, что организация

растения или животного не является чем-то абсолютно фиксированным и неизменным. Организм в отношении каждого распознаваемого и измеримого признака колеблется около точки стабильности, то есть проявляет колеблющиеся колебания относительно среднего значения этого признака. Если стабильность организации нарушена, так что она колеблется или колеблется вокруг нового центра, то есть, если вариации отклоняются в любом направлении от нового “типа” или среднего значения, то установлена мутация. Следовательно, мутация не обязательно является большим отклонением от “нормальности”. Это не обязательно “прерывистая вариация”, не “спорт” и не “причуда”. По сути, это изменение среднего положения, относительно которого колеблются вариации, проявляемые организмом.

Такая мутация, как правило, приведет к созданию “элементарного вида”. В приведенном выше обсуждении мы рассмотрели только один признак, скажем, рост, но обычно бывает так, что принятие нового центра стабильности затрагивает все признаки мутирующего организма. Следовательно, элементарный вид немного отличается по всем своим признакам от вида, от которого он произошел, или от другого элементарного вида, рядом с которым он находится. Это то, что мы обычно обнаруживаем в случаях с “расами” или “местными разновидностями” любого распространенного вида растений или животных. То, что мы не признаем, что большинство или, возможно, все виды, известные систематической биологии, действительно состоят из таких локальных рас, объясняется просто тем, что такие результаты требуют такого объема тщательных исследований, который обычно был невозможен, за исключением нескольких случаев, изученных с целью доказательства такой изменчивости; или в случае тех видов, которые изучаются с большим вниманием к деталям из-за их экономической важности. Таким образом, сельдь североευропейских морей может быть разделена на такие расы, и человек, хорошо знакомый с этими рыбами, может идентифицировать различные расы или элементарные виды — то есть назвать местность, из которой была добыта рыба, — рассматривая характеристики, по которым сельдь одной части моря отличается от сельди других частей.

Термин “разновидность” в систематической биологии имеет несколько иной смысл, чем тот, который вкладывается в термин “элементарный вид”. Значение последнего простое и ясное. Два или более элементарных вида представляют собой совокупности организмов, в каждой из которых средние положения, относительно которых колеблются различные признаки, различны. Термину “разновидность” не так-то просто дать определение. Потомство двух разных видов (в том смысле, в каком этот термин обычно применяется систематиками) может быть названо гибридной разновидностью того или иного родительского вида. В случае обычных зоологических видов такой гибрид, как правило, был бы бесплодным, или, если бы он действительно производил потомство, оно было бы бесплодным. В случае обычного потомства от родителей одного и того же вида большое отклонение от родительских признаков может быть пороком развития или результатом какой-либо неправильности развития. “Атавистическую” вариацию мы можем рассматривать как повторное появление какого-либо признака, присутствовавшего у более или менее отдаленного предка. Таким образом, собачьи рыбы и коньки, без сомнения, произошли от какой-то эластичнорылой рыбы, обладавшей передним спинным плавником. Этот плавник сохранился у рыб-собак, но был утрачен у скатов. Тем не менее, он может появиться у последних рыб как атавистическая вариация.

В разновидности (следуя анализу де Фриза) исчезающий признак на самом деле не теряется: он только подавляется и все еще существует в скрытой форме. Например, некоторые цветки

окрашены, но у вида, к которому они принадлежат, могут быть разновидности, у которых цветки бесцветные. Возможно, с физической точки зрения было бы не совсем корректно говорить, что цвет был потерян, но мы можем выразить это таким образом. В таком случае эти цветы являются окрашенными и бесцветными разновидностями одного и того же вида. Окраска или отсутствие окраски, однако, не является фиксированной в сорте, поскольку отдельное растение с бесцветными цветками также несет в своей организации потенциальную возможность получения окрашенных цветков. Лепестки цветка могут быть гладкими или покрытыми волосками, и в одном и том же сорте могут встречаться оба этих сорта. Но мы не должны говорить о наличии или отсутствии волосков как о различии вида: цветки с гладкими лепестками можно рассматривать как содержащие эпидермальные зачатки волосков. Точно так же окрашенные и бесцветные цветы могут рассматриваться как содержащие одни и те же виды пигментов, но эти пигменты смешаны в разных пропорциях. Такой взгляд позволяет нам смотреть на эти контрастирующие признаки так же, как мы смотрим на колеблющиеся вариации, то есть как на количественные различия в ценности одного и того же признака.

Такое подавление признака на самом деле не является потерей. Организм, принадлежащий к элементарному виду, у которого, скажем, обычно образуются однотонные цветки, может производить полосатые цветки. Потомство растения все еще может давать однотонные цветки, но мы должны думать о нем как о способном производить полосатые цветки. В терминологии менделизма признаки бывают доминантными и рецессивными.

При обсуждении менделевских разновидностей мы рассматриваем способ, которым два контрастирующих признака — один присутствует у родителя мужского пола, а другой — у женщины - передаются потомству. Признаками, о которых идет речь, могут быть высокий рост родителя-мужчины и контрастирующий с ним низкий рост самки; или карие глаза самца и голубые глаза самки; или коричневая кожа родительницы и белая кожа самца. Эти признаки могут быть унаследованы двумя способами: либо они могут быть смешаны, либо могут оставаться различными у потомства. Дети от коричневой матери и белого отца обычно окрашены в какой-то промежуточный между ними оттенок. Гибрид мулата способен к зачатию с любой из родительских рас, и снова потомство может приобрести окраску, промежуточную между окраской родителей, и так далее в течение ряда поколений. Но где-то в этом ряду скрытый или рецессивный коричневый цвет может проявиться во всей своей полноте, показывая, что он присутствовал в организациях всех последующих поколений. Потомство высокого родителя мужского пола и низкорослой родительницы женского пола, как правило, не является промежуточным по росту между родителями; некоторые из них могут быть высокими, а другие низкорослыми. У детей кареглазой матери и голубоглазого отца обычно нет глаз, в которых смешались бы цвета родительских глаз: они голубоглазые или кареглазые. О контрастирующих признаках говорят как о доминантных и рецессивных: если высокий рост передается потомству, которое, тем не менее, может произвести карликовое потомство, говорят, что последний признак является рецессивным по отношению к высокому росту. Таким образом, контрастирующие признаки родителей остаются различными в потомстве, причем некоторые из последних проявляют один признак, а некоторые - другой; хотя может случиться, что тот или иной признак может быть разделен, так что он проявляется только у потомства и передается им самим. Существуют числовые соотношения между численностью потомства, в котором проявляются контрастирующие признаки.

Очевидно, что высокий рост и карликовость не являются признаками, отличающимися по *качеству*: это разные степени одного и того же. Карие и голубые глаза не обязательно различаются по качеству, поскольку мы можем думать, что в радужной оболочке присутствуют одни и те же виды пигментов, но смешанные в разных пропорциях. Но терминология этой области биологии, по-видимому, предполагает, что каждый из контрастирующих признаков чем-то сильно отличается от другого: существуют “факторы” для “высокого роста”, “карликовости”, для голубых и карих глаз и так далее. Эти качества называются “единичными признаками”, и предполагается, что они обладают почти такой же индивидуальностью в зародышевой плазме, какой обладают “корешки” химика в соединении. Хлорид натрия, например, не является смесью натрия и хлора: два вида атомов не сливаются вместе, а просто удерживаются вместе. Аналогия, однако, очень несовершенна, поскольку в химической молекуле признаки не совпадают ни с одним из компонентов, а являются чем-то совершенно иным, тогда как в менделевском скрещивании признаки остаются отчетливыми, но один из них является явным, в то время как другой скрыт. Однако химик рассматривает атомы в молекуле как расположенные рядом друг с другом в определенных положениях, и о менделевских факторах также говорят так, как если бы они располагались бок о бок в зародышевой плазме. Эта терминология полезна, возможно, необходима в исследовательской работе, но мы не должны забывать, что она символизирует, а не описывает результаты эксперимента. Если факторы отождествляются с определенными морфологическими структурами в ядрах зародышевых клеток, очевидно, что все возражения, которые могут быть выдвинуты против гипотезы Вейсмана как гипотезы развития, применимы также к менделевским гипотезам как описаниям физического процесса передачи морфологических признаков.

Следует четко понимать, что подразумевается при построении такой гипотезы. Наблюдаются определенные процессы, происходящие при делении соматической клетки: мы рассматривали эти процессы как имеющие своей целью точное разделение всех частей клетки на две половины. Этот процесс деления соматических клеток модифицируется, когда зародышевая клетка делится до созревания (процесс, позволяющий ей стать оплодотворенной). Затем ядро клетки делится на четыре дочерних ядра. Одно из них остается в клеточном веществе, которое должно стать яйцеклеткой, а три других, каждое из которых заключено в минимальном количестве цитоплазмы, элиминируются как “полярные тельца”. Кроме того, число хромосом в материнской клетке уменьшается вдвое, так что зрелая яйцеклетка, или сперматозоид, обладает лишь половиной числа хромосом, которые присутствуют в обычной соматической клетке. Теперь пусть читатель сам разберется, что может означать такое поведение зародышевых клеток, и он, несомненно, увидит, что возможны несколько интерпретаций. Но предположим, что хроматин состоит из невероятно большого количества телец, отличающихся друг от друга по химической структуре и занимающих определенные положения по отношению друг к другу; и предположим, что в клетке имеется механизм невообразимой сложности, способный отбрасывать некоторые из этих химически индивидуализированных частей и “собирать” или располагать другие во многом таким же образом, как инженер собирает детали динамо-машины, когда он завершает работу над машиной. *Тогда* мы можем рассматривать гипотетические дискретные тела, которые образуют гипотетическую ядерную архитектуру, как материальные носители менделевских символов. Странно, что соответствие такого логически сконструированного механизма эффектам, которые он произвел бы, если бы существовал, должно рассматриваться как доказательство того, что он действительно существует, однако биологические спекуляции фактически использовали такой аргумент. “Представляется крайне

маловероятным, что механизм, столь точно приспособленный для обеспечения этого” (отделения друг от друга материальных “факторов” наследования по Менделю), “должен быть обнаружен в каждой развивающейся зародышевой клетке, если он не связан с разделением признаков, которое наблюдается при экспериментальном разведении”. Проще говоря, этот аргумент заключается в следующем: при экспериментальном размножении наблюдается определенная сегрегация, и можно наблюдать определенные процессы, происходящие в развивающейся зародышевой клетке. Добавьте к этим процессам множество других, логически мыслимых, и добавьте к наблюдаемой материальной структуре клетки другую структуру, также логически мыслимую. Тогда предполагаемый механизм и структура “точно адаптированы” для получения эффектов, которые подлежат объяснению. Следовательно, механизм и структура действительно существуют!

То, что делает сына похожим на отца — специфическая организация, - несомненно, очень стабильно, и оно может сохраняться в условиях изменчивого окружения. Но время от времени сын отличается от отца. Различия могут быть “случайными” и не передаваться дальше — тогда нам приходится иметь дело с нестабильной флуктуацией; или различия могут быть постоянными — тогда нам приходится иметь дело со стабильной мутацией. Что “производит” мутацию? Можно сказать, что изменение окружающей среды: если это так, то мутация - это активное изменение или адаптация организма к изменению окружающей среды, и эта адаптация является постоянной и передается. Или же мутация может быть спонтанным изменением функционирования. Если это нарушение стабильности организации является *общим*, если оно затрагивает все признаки организма, мы должны иметь дело с образованием нового элементарного вида. Но если возмущение затрагивает только один или несколько признаков, тогда нам не нужно признавать, что возник новый элементарный вид. Мужчины и женщины остаются мужчинами и женщинами (по своей морфологии), хотя со временем среди карих глаз, характерных для той или иной расы, могли появиться голубые. Результатом возмущения в данном случае стало то, что один или несколько изменяющихся признаков превысили свои пределы стабильности.

Идея элементарных видов ясна и проста. Это группа организмов, связанных узами кровного родства: все они произошли от одной пары предков. Особи демонстрируют определенные признаки, все из которых изменчивы. Эта изменчивость не является кумулятивной; из поколения в поколение особи вида демонстрируют вариации, которые колеблются вокруг одних и тех же средних значений. Два или более элементарных вида могли иметь одинаковое происхождение — общего предка или групп предков, — но организмы одного вида проявляют признаки, которые, хотя и сходны по своей природе с признаками других видов, все же колеблются около разных средних значений.

Это не “вид” систематического биолога. Линнеевский или систематический вид - это понятие, которое гораздо труднее определить: на самом деле это понятие не имеет какого-либо ясного и определенного значения на реальной практике.

Мы часто забываем, насколько молода наука систематическая биология и насколько тесно ее прогресс зависел от изобретений человека и промышленной предприимчивости. Физику и математику можно изучать в монашеской келье, но изучение систематической биологии может продолжаться только тогда, когда у нас есть корабли и другие средства передвижения — короче говоря, средства сбора животных и растений, населяющих все участки земной поверхности.

Еще сравнительно несколько лет назад фауна и флора огромных пространств суши и моря были почти неизвестны: даже сейчас наши знания о жизни многих частей земли скудны и неточны. Таким образом, систематической биологии пришлось собирать и описывать организмы земли, и при этом она создала линнеевские виды растений и животных. В основном, их мы можем описать как категории морфологических структур. Более старые и знакомые виды четко определены в этом отношении: таковы кошки и собаки, кролики, тигры, сельдь, омары, устрицы и так далее: особи в каждой из этих категорий четко выделены с точки зрения их морфологии, и границы категорий четко определены. Во всех них конкретная организация достигла высокой степени стабильности, так что индивиды “размножаются в соответствии с типом”; и она также достигла высокой степени специализации, так что не сливается с другими организациями.

Однако к большинству биологических систематических видов этот критерий специфической индивидуальности — признание изоляции данного вида от других — не может быть применен. Очень многие виды были описаны только по нескольким образцам, многие — только по одному. Как систематику распознать, что организм, с которым он имеет дело, еще не был классифицирован? Он отличается от всех других наиболее похожих на него организмов, то есть он не может идентифицировать его ни по какому известному конкретному описанию. Но различия могут быть очень незначительными, и если бы у него было несколько экземпляров вида, наиболее близкого к нему, он мог бы обнаружить, что эти различия были меньше пределов вариации у этого наиболее близкородственного вида, и тогда он отнес бы его к этой категории. Но если ему придется сравнивать свой образец с “типовым”, то есть с единственным существующим образцом, на котором был основан сравниваемый вид, тест будет недоступен. Вопрос, на который необходимо ответить, заключается в следующем: следует ли рассматривать разницу или разночтения как колебания, или они имеют “определенный ранг”? Несомненно, многие систематики с большим опытом обладают такой способностью к суждению, хотя они могли бы быть смущены необходимостью четко указывать, на каких основаниях основывалось их суждение. Но, с другой стороны, хозяева видов были созданы работниками, которые не обладали этим качеством суждения; и даже среди великих систематиков биологии возникла путаница. Медленно, очень медленно органический мир становится лучше известен, и эта путаница исчезает.

Таким образом, виды, будь то систематическая группа биологических систем или элементарные виды, основанные на изучении изменчивости и наследования, представляют собой интеллектуальную конструкцию: изобретение, предназначенное для облегчения нашего описания природы. Очевидно, что это относится к группам более высокого порядка в классификациях: роды, семейства, отряды, классы и филы выражают логические взаимосвязи или описывают в гипотетической форме наши представления об эволюционном процессе. Но виды, можно сказать, обладают реальной реальностью: в природе нет родов, только виды. Эти категории организмов действительно существуют; они обладают индивидуальностью, определенным видом органического единства, поскольку особи, составляющие их, произошли от общего предка. Однако то же самое можно сказать и о родах, семействах и других группах. Один вид происходит от другого в результате процесса трансмутации: род — это группа видов, которые все имели общее происхождение; семейство — это аналогично родственная группа родов и так далее. Высшие категории биологической науки призваны внести порядок и упрощение в хаос и богатство природы, которую мы наблюдаем, но очевидно, что концепция

вида имеет ту же практическую цель. Должны ли мы тогда сказать, что в природе нет видов, только индивидуумы? Если это так, то нас сразу же смущает трудность формирования четкого представления о том, что подразумевается под органической индивидуальностью. Разве это не указывает на то, что жизнь на земле действительно целостна и что наш анализ ее форм — видов, родов, семейств и так далее — это всего лишь удобные способы активного использования всего ее богатства?

Систематическая биология - это очень прозаичное занятие, и, поразмыслив, с удивлением обнаруживаешь, что он в своем обращении с научными концепциями следует методам древней философии. В классических метафизических системах изменчивость была иллюзией. За путаницей и изменением ощущений стоит нечто неизменное и вечное. Если есть изменение, значит, есть что-то, что меняется; или, по крайней мере, должно быть что-то, что меняется, когда это воспринимается сквозь туман ощущений, точно так же, как изображение хорошо известного объекта на горизонте колеблется и искажается преломлением. Эта неизменная реальность является Формой или Сущностью платоновской Идеи: то, что некоторым образом деградирует из-за своей проекции в материальность, так что мы осознаем это только через наши несовершенные органы чувств. Мы видим не саму Форму, а скорее ее качество, Форму с чем-то добавленным или что-то отнятое от нее.

Форма сама по себе является лишь фазой процесса трансмутации. Все, что существует во времени, перетекает во что-то другое. Но это не сиюминутный или мгновенный взгляд на поток, который мы видим, а скорее определенный аспект текущей реальности, который каким-то образом выражает природу преобразования из одной Формы в другую. Скульптор изображает движение бегущего человека, символизируя в одной позе все действия тела и конечностей; так что, исходя из нашего реального, чувственного опыта или интуиции движения бегущего, мы видим в твердом мраморе всю пластичность жизни. Мгновенная фотография показывает нам мгновенную неподвижность бегуна — странную и незнакомую позу. Таким образом, идея представляет собой не момент становления подобным фотографии, а скорее типичную или существенную фазу процесса трансмутации, подобно тому, как скульптор изображает в неподвижной форме характерный прыжок вперед бегуна. Точно так же, как наше интуитивное знание действий нашего собственного тела позволяет нам прочесть в характерной позе, изображенной на мраморе, все остальные позы серии движений, так и наш опыт позволяет нам расширить формальный момент становления до действия, которое он символизирует.

Это действие имеет цель, намерение или замысел, которые были обдуманы до его начала. Следовательно, в платоновской идее есть тройственное значение: (1) неизменная и существенная Форма, качество которой мы воспринимаем только; (2) характерная фаза превращения этой Формы в какую-либо другую; и (3) замысел или интенция превращения.

Это была, как говорит Бергсон, естественная метафизика интеллекта. На самом деле это был “практический” способ внести порядок и упрощение в хаос чувственного мира — всего того, что представлено нам нашей интуицией. И в попытке привести к порядку беспорядок органического мира биология следовала тому же методу, так что она представляет вид с тройственным значением платоновской идеи. То, что выражается в термине “вид”, представляет собой совокупность организмов, каждый из которых определяется существенной формой и существенным способом поведения — признаками, указанными в конкретном диагнозе. Но организмы изменчивы, их специфические признаки колеблются около среднего значения, и,

говоря это, мы предполагаем, что есть нечто изменчивое — *должна быть* существенная форма, от которой отклоняются наблюдаемые формы особей, нечто неизменное, которое, тем не менее, изменяется случайно. Это (1) качество конкретной идеи. Точно так же мы никогда на самом деле не наблюдаем сущностную индивидуальность; то, что мы видим, - это эмбрион, или молодой и половозрелый организм, или половозрелый организм, или стареющий организм: происходят постоянные изменения от момента рождения до старческого увядания. Эта путаница неуправляема, и мы заменяем ее характерной формой и функционированием, а также той фазой в истории жизни организма, которая предполагает все, к чему привели предыдущие фазы, и все, чего лишены последующие фазы. Таким образом, в нашей идее вида (2) содержится понятие типичного момента в индивидуальной трансформации. Это не “мгновенный снимок” какого-то момента в истории жизни, который мы делаем: идентифицируя личиночную форму как какой-то вид животного, мы отождествляем ее со всеми другими фазами истории жизни.

Поскольку мы принимаем доктрину трансформизма, конкретная идея также включает идею эволюционного процесса. Ибо органический мир - это поток становления, а виды - лишь моменты в этом становлении. Это не помогает нам размышлять о том, что если гипотеза эволюции путем мутаций верна, то процесс является прерывистым: изменчивость является результатом периодов неизменности, в течение которых изменение, так сказать, прорастало. В этом потоке становления мы улавливаем моменты, когда проявляется специфическая форма — не как мгновенное представление о потоке, но как его аспекты, которые предполагают этапы, морфологические процессы, посредством которых была осуществлена трансмутация вида. Таким образом, наша конкретная идея представляет собой не только фазу становления в индивидуальной истории жизни, но и фазу становления в эволюционной истории.

Рассматриваем ли мы это эволюционное движение как реализацию Творческой Мысли, или как развитие элементов, собранных вместе по замыслу, или как результаты действия механизма, работающего сам по себе, мы должны предположить, что в основе его лежит замысел, или цель, или детерминизм. Таким образом, все дано, и наше сравнение между метафизической платоновской идеей и современной концепцией вида становится полным.

ГЛАВА VI ТРАНСФОРМИЗМ

Таким образом, вид представляет собой группу организмов, все из которых обладают одинаковыми морфологическими признаками. Это сходство не является абсолютным, поскольку особи, составляющие вид, могут отличаться друг от друга по какому-либо одному признаку. Но диапазон этих вариаций ограничен. Они колеблются около воображаемого среднего значения, которое остается постоянным в случае вида, не подвергающегося отбору, и, следовательно, почти одинаково на протяжении ряда поколений. Формальные признаки, которые мы рассматриваем как диагностические для вида, - это воображаемые средние признаки.

Можно вывести из поголовья очень большое количество животных, все из которых связаны узами кровного родства, то есть все произошли от одного и того же предка или групп предков. Такое скопление животных напоминало бы те скопления, обитающие в дикой природе, которые мы называем видами, в том смысле, что все особи демонстрировали бы определенное морфологическое сходство. Если бы разведение проводилось таким образом, чтобы избежать отбора, диапазон изменчивости был бы во многом таким же, как у дикой расы. Две группы животных — выведенные искусственно и наблюдаемые в естественных условиях — были бы очень похожи, и невозможно удержаться от вывода, что естественная раса, как и искусственная, является семьей в человеческом смысле, то есть все особи, составляющие ее, связаны между собой узами общего происхождения.

Давайте распространим это рассуждение на категории организмов более высокого порядка, чем виды. Мы можем объединять группы видов таким же образом, как мы объединяем особей одного и того же вида. Существуют определенные морфологические признаки, которые являются общими для всех видов данной категории, но существуют также различия между конкретной группой и специфической группой, и эти различия могут рассматриваться как отклонения от общего морфологического типа. У всех кошек, например, есть определенные общие черты: полностью втягивающиеся когти, определенный тип зубных рядов, определенные черты черепа и так далее. Мы постулируем кошачий тип строения, а затем рассматриваем признаки, проявляемые кошкой, львом, тигром, леопардом и т.д., как отклонения от этого кошачьего морфологического типа. Таким образом, мы основываем Семейство Кошачьих. Но снова мы обнаруживаем, что кошачьи вместе с псовыми и многими другими видами животных также демонстрируют общие признаки, главным образом стоматологические и остеологические, и мы выражаем это сходство, объединяя все эти семейства в один Отряд - Плотноядные. Однако плотоядные - это лишь одна большая группа четвероногих: есть много других, таких как грызуны, Копытные, китообразные и т.д., и все они обладают общими признаками. У всех них кожный покров покрыт волосками или другими аналогично развитыми структурами; все они дышат с помощью диафрагмы; у всех детенышей питание осуществляется за счет сосания молочных желез матери; и все они развиваются на плаценте. Поэтому мы объединяем их всех в класс Mammalia. Теперь млекопитающие обладают внутренним скелетом, самой фундаментальной частью которого является осевой стержень — хордовая кость, развивающаяся для формирования позвоночного столба; и этим хордовым скелетом также обладают Птицы, Рептилии, амфибии и Рыбы. Есть также несколько меньших групп, в которых хорда присутствует, но не развивается до образования сегментированных позвонков. Включая их, мы можем сформировать большую категорию животных — хордовых, — и этот тип резко отличается от всех других родственных групп.

Все животные и растения могут быть классифицированы аналогичным образом. Насекомые, пауки и ракообразные, например, - это все животные, у которых тело состоит из суставов, причем каждый сустав или сегмент обычно снабжен парой сочлененных придатков или конечностей. Из-за этого сходства фундаментальной структуры мы включаем всех этих животных вместе с некоторыми другими в один тип - членистоногих. То же самое происходит и с остальным животным миром, и аналогичные методы могут быть распространены на классификацию растений. Несколько небольших групп в каждом из царств трудно классифицировать, но оказалось возможным разделить большинство живых организмов на небольшое количество подцарств или типов и даже попытаться проследить взаимосвязи между этими различными категориями.

Простое систематическое описание органического мира привело бы к такой обоснованной классификации, совершенно не связанной с какими-либо представлениями об эволюционном процессе. Но классификация, изначально являвшаяся обычным способом составления списка организмов, сразу же наводила на мысль о морфологическом сходстве. Это наводило бы на мысль, что все Кошки были Плотоядными, что все Плотоядные были млекопитающими и что все Млекопитающие были хордовыми. Это наводило бы на мысль, что все Осы были перепончатокрылыми, что все перепончатокрылые были насекомыми и что все насекомые были членистоногими. Это установило бы множество *логических* отношений между животными всех видов.

Это показало бы нам ряд групп животных, отделенных друг от друга морфологическими различиями. Но давайте также рассмотрим всех тех животных, которые жили в прошлом земли и останки которых найдены в горных породах в качестве окаменелостей. Включая все формы жизни, известные палеонтологии, мы обнаружили бы, что различия между различными группами имели бы тенденцию к исчезновению. Разрывы между существующими птицами и рептилиями, например, стали бы частично преодолены. Палеонтология также дополняла бы морфологию другим способом. Изучение строения животных приводит нас к описанию их как “высших” и “низших” — высших в смысле большей сложности строения. Таким образом, тело плотоядного животного более сложное, чем у Рыбы, поскольку оно обладает гомологами истинно рыбьих жабр, но оно также обладает четырехкамерным сердцем вместо двухкамерного; и оно обладает легкими млекопитающих, диафрагмой и плацентой — структурами, которых нет у Рыбы. Итак, что касается несовершенных материалов, палеонтология показывает нам, что высшие формы жизни появились на земле позже, чем низшие формы. Останки млекопитающих, например, впервые обнаруживаются в породах, которые моложе (то есть они наложены друг на друга) тех пород, в которых впервые появляются рептилии; и точно так же рептилии появляются в ряду горных пород позже, чем Рыбы. Палеонтология, таким образом, добавляет к логическому порядку, предложенному морфологией, *хронологический* порядок такого рода: высшие или более сложные формы жизни появились в истории земли позже, чем низшие или менее сложные.

Параллельная хронологическая последовательность также была бы предложена результатами эмбриологии. Этот раздел биологии показывает нам, что все животные проходят через ряд стадий в своем индивидуальном развитии, или онтогенезе. Более ранние стадии представляют собой простой тип структуры, обычно полый шар из клеток, но по мере развития структура эмбриона становится все более и более сложной. Процесс развития у многих животных непрерывен, но у других (возможно, у большинства) появляются личиночные стадии, то есть развитие прерывается, и животное может какое-то время вести независимое существование, подобное существованию полностью развитой формы. Часто эти личиночные стадии предполагают более низкие типы строения, чем у полностью развитого животного, в которое они превращаются. Даже если личиночные стадии могут и не проявляться в онтогенезе, очень часто бывает так, что развивающийся эмбрион проявляет следы или, по крайней мере, воспоминания о типах морфологии, характерных для животных, которые ниже или менее сложны, чем он сам; так, рыбы жабры появляются во время развития хвостатой амфибии и даже Млекопитающего, а затем исчезают или превращаются в органы другого вида. Таким образом, индивид проходит серию стадий развития возрастающей сложности: в своем онтогенезе он повторяет палеонтологическую последовательность в искаженной и сокращенной форме.

Это правда, что свидетельства, предоставляемые палеонтологией, очень скудны. Сохранение остатков организмов в слоистых породах - очень случайный процесс, и его успех зависит от ряда условий, которые не всегда присутствуют. По мере того как поверхность земли будет лучше изучаться, наши знания о жизни прошлого станут более полными, но не может быть никаких сомнений в том, что в прошлом должен был существовать целый ряд организмов, и что нам не известны их узнаваемые следы. Также нет сомнений в том, что последовательности, указанные палеонтологией, очень неполны: они затемнены и сокращены многими условиями. Более ранние эмбриологи питали надежды, что изучение эмбриологии позволит выявить направление эволюционного процесса у многих групп животных: если организм повторяет в своем онтогенезе ряд стадий, через которые он прошел в своем филогенетическом развитии, то тщательное изучение эмбриологического процесса должно раскрыть эти стадии. Хотя эти надежды не оправдались, в доктрине перепросмотра все же есть достаточная доля истины, позволяющая нам утверждать, что существует грубый параллелизм между палеонтологической и эмбриологической последовательностями.

Следовательно, мы выдвигаем правдоподобную гипотезу, когда утверждаем, что различные виды могут быть связаны друг с другом таким же образом, как связаны особи одного и того же вида, то есть кровными узлами; и что различные роды, семейства, отряды и так далее также находятся в таком родстве. Морфологические исследования позволяют нам расположить ряд видов таким образом, чтобы образовались серии, в каждой из которых наблюдается возрастающая специализация строения. И палеонтология, и эмбриология показывают, по крайней мере в некоторой степени, что эти стадии все возрастающей специализации строения происходили одна за другой. Итак, изложенный кратко и откровенно, как мы его изложили, этот аргумент может показаться обычному читателю не слишком убедительным, но почти невозможно переоценить силу привлекательности, которую он имеет для изучающего биологию. Такому человеку вера в процесс трансформизма покажется неотделимой от аргументированного описания фактов науки.

Но это было бы не более чем верой, даже не гипотезой, если бы мы не пытались проверить это экспериментально-мысленно. Это просто логические взаимосвязи, которые мы устанавливаем, и хронологическая последовательность форм жизни, высших форм, сменяющих низшие, сама по себе не более чем предполагает эволюционный процесс. Все, что мы сказали, совместимо с верой в процесс особого творения. Но если мы цепляемся за такую веру, если мы предполагаем, что организмы, населяющие землю сейчас и в прошлом, являются проявлениями Творческой Мысли, мы все равно должны принять представление о логических и хронологических взаимосвязях между всеми этими формами жизни. Если мы позволим себе порассуждать о работе Творческой Мысли, мы, по-видимому, признаем, что идеи различных видов, должно быть, породили друг друга и что генезис живых существ должен был происходить в некотором таком порядке, на который указывает научная гипотеза трансформизма. Где-то должен был произойти эволюционный процесс, но родственные связи, установленные таким образом между организмами, были бы логичными, а не материальными.

Наука, конечно, не должна описывать способ происхождения видов таким образом. До тех пор, пока она исследует живые существа теми же методами, которые она использует при исследовании неорганических объектов, она должна считать, что концепции физической науки также адекватны для описания органической природы. Он должен предполагать, что материя, энергия и закон природы даны; и что даже в условиях нашего мира жизнь должна была

возникнуть из безжизненной материи; должна была сформироваться и претерпеть преобразования, которые предполагаются результатами биологии. Оно должно предполагать, несмотря на огромные трудности, с которыми сталкивается это предположение, что космические физические процессы обратимы и цикличны; и что миры и солнечные системы рождаются, развиваются и снова распадаются. Каждая стадия такого космического процесса, так же как и каждая стадия эволюции живых существ, неизбежно должна была определяться предшествующими ей стадиями. Такое механистическое объяснение должно предполагать, что сверхчеловеческий интеллект, но все же ограниченный интеллект, подобный нашему собственному, такой калькулятор, какой представляли Лаплас или Дюбуа-Реймон, был бы способен вывести любое состояние мира или универсальной системы из любого другого состояния с помощью огромной системы дифференциальных уравнений. Было бы возможно, как говорит Хаксли, рассчитать фауну Великобритании на основе знания свойств первичной туманности с такой же уверенностью, с какой мы можем сказать, какова будет судьба дыхания человека в морозный день. Такое прекрасное понятие, как универсальная математика, всегда должно оставаться идеалом, к которому стремится наука.

Или мы можем предположить, что план или замысел был наложен на природу, имманентен материи и энергии и, так сказать, реализуется сам по себе. Такое телеологическое объяснение неорганической и органической эволюции неизбежно навязывается нам, если мы отвергаем понятие радикального механизма. Мы думаем об универсальной системе материи и энергий как состоящей из элементов, которые, будучи собраны вместе, взаимодействуют определенным образом и с результатами, которые являются определенными и поддающимися расчету. Объединение элементов системы воедино было бы результатом предыдущих фаз системы. Это радикальный механизм. Но давайте представим, что элементы системы собраны по-разному — таким образом, привлекая идею внешнего по отношению к системе фактора, который их перестраивает, — тогда те же энергии, присущие этой системе, что и в ранее воображаемой, также будут действовать сами по себе. Но результат будет другим и будет зависеть от способа, которым элементы были первоначально расположены. Это было бы радикальным финализмом.

Наука должна отвергнуть это представление, как она отвергает представление об особом творении, поскольку оно привносит индетерминизм в эволюционный процесс. Она должна рассматривать организм и его окружающую среду как физико-химическую систему, изучаемую извне. Он должен избегать любых попыток приобрести интуитивное знание о действиях организма, поскольку последний и вещи, которые его окружают, являются всего лишь телами, движущимися в природе. В системах, изучаемых им, время должно быть независимой переменной, и должна существовать строгая функциональность между частями организма и частями реагирующей среды, так что любое изменение в одном обязательно должно зависеть от изменения в другом. Такая система и серия взаимодействий - это то, что описано в механистической гипотезе трансформизма.

Все это действительно предлагается для обычных и вспомогательных методов наблюдения. Растение или животное воздействует на окружающую среду и подвергается воздействию со стороны нее, хотя обычно это модификация организма, за которым мы наблюдаем. Лицо человека краснеет от ветра, солнца и дождя; ручной труд делает его руки грубыми и приводит к образованию мозолей; летом он потеет и теряет тепло; зимой кровеносные сосуды его кожи сокращаются, и тепло экономится. В зимние месяцы мех многих животных становится более пышным и может менять цвет. Рыбы, обитающие на светло-окрашенном песке, слегка

пигментированы, но их кожа становится темной, когда они переходят на темно-окрашенное морское дно; креветки, которые коричневые, когда они питаются коричневыми водорослями, становятся зелеными, когда их кладут на зеленые водоросли. Птицы мигрируют в более теплые страны, *и наоборот*, когда меняются сезоны. Таковы примеры адаптации морфологии и функционирования организмов в результате изменений окружающей среды.

Что такое адаптация? Этот термин играет большую роль в биологических спекуляциях, но он часто используется в расплывчатой и неточной манере и не всегда в одном и том же смысле. Это предполагает, что организм *содержится* в окружающей среде и что его форма приспосабливается к форме последней, подобно тому, как металл, который литейщик заливает в форму, принимает форму полости в песке. “Мы еще раз видим, насколько пластичен организм в схватывании окружающей среды” — такая цитата из морфологической литературы, пожалуй, типична. Снова и снова это пассивное изменение в организме в результате действия чего-то жесткого, что давит на него, и есть то, что понимается под адаптацией. Несомненно, организм может подвергаться такому воздействию, и часто изменения, которые он испытывает, того же порядка, что и изменения окружающей среды. Зимой многие животные становятся вялыми и могут впадать в спячку; их сердцебиение замедляется; дыхательные движения становятся менее частыми, и в целом скорость обмена веществ, то есть быстрота, с которой химические реакции протекают в их тканях, снижается. Все эти изменения меняются на противоположные по знаку, когда температура снова повышается. Время года, в которое рыба мечет икру, зависит от характера предыдущего сезона. Скорость развития яйцеклетки холоднокровного животного меняется в зависимости от температуры. Количество крахмала, образующегося в зеленом листе, зависит от определенных переменных — интенсивности света, температуры и количества углекислоты, содержащейся в среде, в которую он помещен. Во всех этих случаях скорость, с которой протекают определенные метаболические процессы в организме того или иного организма, варьируется в зависимости от условий окружающей среды. В общем, это случаи действия закона вант-Хоффа, то есть скорость, с которой протекает химическая реакция, меняется в зависимости от температуры.

Это изменения в функционировании, пассивно переживаемые организмом в результате изменений окружающей среды, и мы должны четко проводить различие между ними и такими изменениями, которые являются результатом некоторой активности или усилий со стороны организма. Камбала, обитающая в реке, мигрирует в море, когда тает первый зимний снег и устье заливают ледяной водой. Коричневые или полосатые креветки, питающиеся коричневыми или полосатыми сорняками, становятся зелеными, когда их помещают на зеленые сорняки, изменяя свою пигментацию в соответствии с пигментацией водорослей. У котенка, выросшего на холодном складе, развивается более гладкая и пышная шерсть, чем у его сестры, выросшей в хорошо отапливаемом доме. Животное, выздоравливающее от дифтерии, вырабатывает антитоксин, который позволяет ему сопротивляться, по крайней мере, какое-то время, повторному заражению. Человек, отправляющийся исследовать полярные моря, надевает одежду теплее, чем в тропиках.

Нет необходимости в том, чтобы происходило изменение окружающей среды для того, чтобы была вызвана адаптация, поскольку организм может активно и целенаправленно реагировать на изменение в самом себе. Занимаясь бегом или греблей, спортсмен приобретает более мощное сердце; кузнец развивает более мускулистые плечи и руки; а профессиональный пианист — более гибкие запястья и пальцы. Если в результате операции удаляется одна почка

или поражается одно легкое, орган на другой стороне тела становится гипертрофированным. Афазия, возникающая из-за поражения одностороннего речевого центра, может пройти, если ранее неиспользуемый центр на другой стороне мозга станет функционально активным. Как правило, продолжительное использование органа приводит к увеличению его размера и эффективности, и, наоборот, неиспользование приводит к уменьшению размера и даже к атрофии.

Суть адаптации заключается в том, что это активное, целенаправленное изменение поведения, или функционирования, или морфологии, посредством которого организм *реагирует* на некоторые изменения в своей физической среде или на некоторые другие изменения в своем собственном поведении, или функционировании, или морфологии. Это также изменение, которое остается постоянным признаком в организации животного, демонстрирующего его. Не имеет значения, даже если изменение поведения является волевым в ответ на какое-то изменение окружающей среды, которое действительно произошло, или же оно предвосхищает какое-то изменение, которое предвидится. Измененный способ поведения, адаптированный разумно, оставляет, по крайней мере, воспоминание, которое становится постоянной частью сознания животного и может влиять на его будущие действия; или, если оно вызвано процессом воспитания, оно должно включать формирование "двигательной привычки". Обучение певца запускает в коре головного мозга и нижних центрах мозга нервный механизм, который контролирует и координирует мышцы груди и гортани и которого не существовало до процесса обучения. Следовательно, адаптации - это приобретенные изменения того или иного рода, посредством которых организм способен в большей степени овладевать окружающей средой, включая в последнюю как инертную материю неорганической природы, так и другие организмы, с которыми животное конкурирует.

Это приобретения, из-за которых организм отклоняется от морфологической структуры, характерной для вида, к которому он принадлежит. Влияют ли они на всю организацию животного, демонстрирующего их, то есть может ли приобретенное изменение структуры быть настолько фундаментальным, что оно затрагивает не только тело животного, в котором оно происходит, но и потомство этого животного? Предположим, что это так; предположим, что довольно большая часть всех особей вида, населяющего ограниченную часть земной поверхности, одновременно приобретают одно и то же изменение признаков и что они передают это отклонение в строении своему потомству. Тогда у нас должно быть адекватное средство, с помощью которого конкретный тип становится модифицированным — средство трансформизма.

Это гипотеза, которая связана с именем Ламарка, и ее основной постулат заключается в том, что признаки, приобретенные организмом в течение его собственной жизни, передаются его потомству. Кажется разумным предположить, что такая передача приобретенных признаков должна происходить — насколько разумно мы должны отметить, когда видим, что де Фриз молчаливо предполагает, что колеблющиеся вариации, обусловленные действием окружающей среды, могут быть унаследованы потомством организмов, которые их проявляют. То, что трансмутация видов может происходить таким образом, было популярным и широко распространенным убеждением в Англии и Германии на протяжении большей части девятнадцатого века; и это было убеждение, которого придерживался сам Дарвин, и которое уверенно и даже догматически в свое время было подтверждено большинством биологов в обеих странах.

Как же тогда получилось, что очень общее изменение мнения по этому вопросу произошло как в Англии, так и в Германии за последние два десятилетия прошлого века? Конечно, многие ботаники и зоологи продолжали придерживаться старой гипотезы, и большинство физиологов до сих пор, по-видимому, не проводят какого-либо четкого различия между морфологическими признаками, которые передаются по наследству, и теми, которые приобретаются; но большинство биологов без колебаний пришли к выводу, что передача приобретенных признаков не только недоказанная гипотеза, но что это даже теоретически немыслимо. В начале девятнадцатого века это убеждение почти превратилось в догматически утверждаемую доктрину, и нельзя не заметить раздражения и нетерпения со стороны представителей зоологии, когда высказываются противоположные мнения. “Природа, - говорит сэр Э. Рэй Ланкестер, - (и на этом все заканчивается) не использует приобретенные признаки при создании и поддержании видов по очень простой причине, что она не может этого сделать”.

Не может быть никаких сомнений в том, что исследование природы в связи с этим вопросом было не очень тщательным процессом. Догматическое отрицание передачи приобретенных признаков не было результатом исчерпывающего эксперимента и наблюдений, а скорее объяснялось очень общим признанием в Англии и Германии гипотезы Дарвина о трансмутации видов посредством естественного отбора и гипотезы Вейсмана о непрерывности зародышевой плазмы.

Новая гипотеза трансмутации казалась адекватной для объяснения разнообразия форм жизни, так что не было необходимости ссылаться на старую; хотя сам Дарвин признавал, что индивидуальное приобретение структурных модификаций может быть фактором эволюционного процесса; и в течение более чем двадцати лет после публикации “Происхождения видов” гипотеза Ламарка не подвергалась решительному отрицанию натуралистами. Однако в начале восьмидесятых годов Вейсман опубликовал свою книгу о зародышевой плазме, и яркость и конструктивная способность рассуждений, содержащихся в этой замечательной работе, а также аналогии, которые они предлагали между органическими и неорганическими явлениями, привлекли внимание биологов. Основные положения гипотезы Вейсмана в том виде, в каком она была впервые представлена миру, заключаются в следующем: на очень раннем этапе эволюции живой материи из неживой появилось много видов жизненной субстанции. Это были химические соединения огромной сложности, способные накапливать и расходовать энергию, а также способные к неограниченному росту и размножению. Они были способны существовать во враждебной им среде, которая всегда вела к их распаду, и которая была способна изменить их природу и манеру реагировать, хотя и не могла уничтожить их. Эти элементарные жизненные субстанции сильно отличались от тех, которые мы знаем в современном мире. Это были *голые* протоплазматические агрегаты, недифференцированные на клеточную или ядерную плазму, не говоря уже о соматических и зародышевых тканях. Все их части были похожи, или, скорее, их вещество было однородным. Но даже с развитием одноклеточного организма начались глубокие изменения, поскольку отныне на одну часть живого существа, ядро, была возложена функция размножения, хотя она по-прежнему продолжала осуществлять общий контроль над функциями внеядерной части клетки. Когда развились многоклеточные растения и животные, гетерогенность частей организма стала еще большей. Все клетки многоклеточных животных действительно содержат ядра, но эти структуры являются лишь функциональными центрами клеток: одни из последних являются сенсорными, другие - моторными, третьи - ассимиляторными, третьи - выделительными и так далее. Только в ядрах, образующих важнейшие части репродуктивных

органов, репродуктивная функция сохраняется во всей ее потенциальности: только там протоплазма сохраняет все свойства, которыми обладала примитивная жизненная субстанция до того, как она стала гетерогенной, то есть до того, как развились ядро и цитоплазма. Когда часть примитивной жизненной субстанции оказалась заключенной в ядерную оболочку, она стала в определенной степени защищена от воздействия физической среды, а когда организм стал состоять из многоклеточных тканей, это уединение стало более полным. Облаченный в одежды плоти, он отныне был защищен от потрясений окружающей среды и стал неизменной зародышевой плазмой. Но за очень долгое время до этой эволюции тканей обнаженная жизненная субстанция подвергалась воздействию внешних физических факторов, и они модифицировали ее в очень многочисленные формы протоплазматической материи. Следовательно, когда эволюционировали многоклеточные растения и животные, существовал не один, а множество видов жизненной субстанции, и они сохранились до наших дней в виде неизменной зародышевой плазмы существующих организмов.

Современная гипотеза Вейсмана, подкрепленная и усиленная, как она есть, вспомогательными гипотезами, не производит такого же впечатления на исследователя, как первоначальная и в целом привлекательная спекуляция тридцатилетней давности. Аналогия, которую он тогда представил со зрелой химической теорией вещества, должна была быть почти неотразимой. Точно так же, как бесконечно многочисленные химические соединения являются всего лишь перестановками и комбинациями некоторых из восьмидесяти с лишним различных видов материи, так и все формы жизни являются комбинациями и перестановками некоторых из множества различных видов жизненной субстанции, которые возникли до эволюции многоклеточного организма. И точно так же, как химические элементы рассматривались (в 1883 году) как неизменяемые объекты, сохраняющие свою индивидуальность, даже когда они были связаны друг с другом в виде соединений, так и Вейсман и его последователи смотрели на различные виды жизненной субстанции, содержащиеся в цветовом веществе ядра, как на неизменные и бессмертные живые существа. Связанные вместе бесконечно многочисленными способами путем полового сопряжения, они могут создавать бесконечно изменяющиеся живые структуры, но они остаются индивидуализированными и располагаются бок о бок в зародышевой плазме организмов, точно так же, как атомы, как предполагалось, должны располагаться бок о бок в химической молекуле неорганического соединения.³¹

Если бы эти предположения были верны, изменение морфологии или функционирования, приобретенное организмом или соматоплазмой, никак не могло бы быть передано потомству организма, поскольку, согласно гипотезе, внешние изменения не могут повлиять на зародышевую плазму, и только зародышевая плазма, содержащаяся в сперматозоидах родительского мужчины или в яйцеклетке женского пола, формирует и строит тело потомства. Как будто этого было недостаточно, Вейсман и его последователи утверждали, что возможность передачи соматических изменений микробу непостижима. Почему? Потому что зародышевые клетки, по-видимому, просты: они представляют собой всего лишь полужидкие протоплазматические клеточные тела и ядра, существенно не отличающиеся от клеточных тел и ядер соматоплазмы (следует отметить, что гипотетически разница существенна). Не существует структурных связей — например, нервов, — которые соединяют клетки тканей организма с частями зародыша и передают изменения в первых последним. Как же тогда могло соматическое изменение повлиять на зародыш так, что, когда последний развился в организм, это конкретное изменение стало воспроизводимым? В 1883 году это могло показаться убедительным аргументом, но так ли уж убедителен он сегодня? Мы знаем, что клетки и ткани -

это не изолированные частицы, а что все они соединены вместе протоплазматическими нитями. Мы знаем, что специализированные нервные ткани не необходимы для передачи импульса от сенсорной поверхности к моторной, но что такой импульс может передаваться недифференцированной протоплазмой. Мы знаем, что нервные клетки и волокна структурно не являются непрерывными друг с другом, но что импульс, так сказать, перескакивает через промежутки. Мы знаем, что события, происходящие в одной части тела млекопитающего, могут влиять на другие части посредством выделения химического вещества, или гормона, в кровотока. Было бы действительно странно, если бы не удалось разработать логическую гипотезу, способную объяснить передачу определенного изменения от сомы к зародышу.

Но приобретенные символы, в конце концов, на самом деле не передавались. Так утверждали те, кто цеплялся за вейсманнизм — конечно, ненужная задача, если бы такая возможность передачи была немыслима. Мы не можем обсуждать здесь доказательства, да и нет необходимости делать это, поскольку все это рассмотрено в популярных книгах по наследственности. В этих книгах наблюдается очевидное единодушие мнений, которое не должно влиять на читателя, незнакомого с зоологической литературой, и не должно затушевывать тот факт, что многие зоологи и ботаники принимают противоположный вывод. Вся эта дискуссия очень утомительна, но мы можем извлечь из нее некоторые положительные результаты. Бесспорно, что было проведено очень мало убедительных и адекватных исследований: нельзя не заметить, что литература содержит количество противоречий, совершенно непропорциональных количеству фактически проведенной работы, основанной на надежных экспериментах и наблюдениях. Большинство экспериментов посвящено рассмотрению травматических повреждений или увечий, и, по-видимому, доказано, что такие дефекты не передаются или, по крайней мере, передаются очень редко. Хвосты котят отрезали; уши собакам-терьерам отрезали; а ступни и талии китайских и европейских дам сжимали, и все это на протяжении очень многих поколений, однако эти дефекты не передаются от родителей к потомству. Такого рода свидетельства составляют основную часть того, что ортодоксальное зоологическое мнение привело в пользу веры в ненаследуемость приобретенных признаков, но действительно ли все это имеет значение? То, что может передаваться, является полезной, целенаправленной модификацией морфологии, или функционирования, или поведения, вызванной окружающей средой на протяжении ряда поколений — адаптацией, а не вредным поражением. Существует мало убедительных доказательств того, что такие адаптации передаются по наследству, хотя любой, кто внимательно изучит имеющиеся свидетельства, вряд ли скажет, что они определенно не передаются. Передает ли, например, кузнец свои мускулистые плечи и руки своим сыновьям, или пианистка свои гибкие запястья и пальцы своим дочерям? В литературе нет наблюдений и экспериментов, достойных того значения, которое придается рассматриваемому вопросу.

Следует также отметить, что зародышевая плазма, безусловно, не является неизменяемой субстанцией, которую первоначально постулировала гипотеза. Изменения во внешней физической среде, безусловно, могут повлиять на это; таким образом, личинки, выведенные от животных, которые живут в ненормальных физических условиях (температура, влажность и т.д.), могут морфологически отличаться от личинок, выведенных от животных, принадлежащих к тому же виду, но живущих в нормальной среде. Следовательно, последние должны реагировать на зародышевую плазму, но среда, образованная тканями организма, которые окружают зародышевые клетки, также может реагировать подобным образом: таким образом, на зародышевые клетки могут влиять такие изменения организма, как, например, различия в

поступлении питательных веществ. Отпрыск может отклоняться от родительской структуры в результате структурных модификаций, приобретенных родителем в течение его собственной жизни, и, даже если сыновнее отклонение не было той же природы, что и родительская модификация, его наследование было бы достаточной причиной для *некоторой* степени трансмутации.

Однако, безусловно, трудно доказать, что организмы передают своему потомству *те же* виды отклонений от определенной структуры, которые они сами приобретают в результате воздействия окружающей среды. Даже если бы они действительно передавали такие приобретенные отклонения, не кажется очевидным, что один только этот вид наследования был бы достаточной причиной разнообразия форм жизни, которое мы действительно наблюдаем в природе. Изменение морфологии действительно произошло бы, но мы должны были бы ожидать обнаружения незаметных градаций формы, а не индивидуализированных видов. Предположим, что ламарковская наследственность действует в течение значительного времени на два или три первоначально различных вида, населяющих изолированный участок суши, и предположим, что мы исследуем вариации, происходящие среди всех организмов, доступных нашему наблюдению, в отношении какого-либо одного изменчивого признака.

Диаграмма А представляет то, что, по-видимому, является результатом этого процесса трансмутации. Числа вдоль горизонтальной линии пропорциональны их расстоянию от точки 0, начала координат, и представляют величину рассматриваемой вариации; а высота вертикальных линий представляет количество организмов, демонстрирующих каждую степень вариации. Мы должны были бы ожидать, что все вариации встречались одинаково часто, но это не то, на что фактически указывает изучение изменчивости в таком случае, как мы предполагали, — у животных, населяющих изолированную часть суши. То, что мы должны были бы найти, было бы условиями, представленными диаграммой В. Было бы два или более *режима*, то есть значения переменного характера, которые представлены большим числом индивидуумов, чем любое другое значение вариации. Условия окружающей среды *благоприятствуют* особям, демонстрирующим эту вариацию в большей степени, чем остальным.

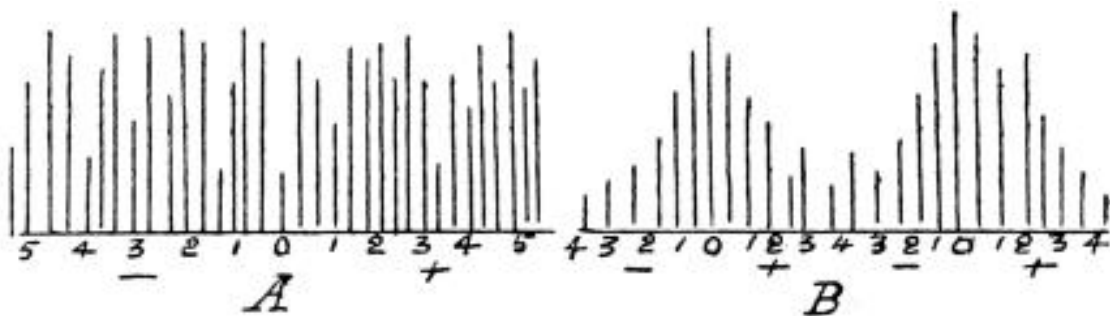


Рис. 24.

Иными словами, окружающая среда выбирает некоторые виды вариаций среди множества проявляющихся, и это, конечно, существенная черта гипотезы о трансмутации видов посредством естественного отбора изменчивых признаков. Организмы появляются на свет по-разному, наделенные способностью воздействовать на среду, в которой они живут, или на окружающую среду, состоящую из их собратьев-организмов. Те, кто наиболее благоприятно

одарен, живут дольше и имеют более многочисленное потомство, чем те, кто менее благоприятно одарен, и они передают этот благоприятный дар своему потомству. Среди потомства потомства могут быть такие, у которых благоприятная вариация все еще более благоприятна, чем она была при первом появлении. Таким образом, количество отобранных вариаций увеличивается. Происходит устранение самых слабых. Идея в высшей степени ясна и проста и обладает большой степенью общности: она самоочевидна, говорит Дриш, имея в виду, что ее нельзя опровергнуть, поскольку она, конечно, не была ясно очевидна натуралистам до Дарвина и Уоллеса. Но, если мы не решим быть догматичными, мы вряд ли можем утверждать, что это самодостаточная причина эволюционного процесса, и бесполезно пытаться свести к минимуму трудности, связанные с этой гипотезой. Нелегко объяснить это происхождением инстинктов или тропизмов, или восстановлением утраченных частей тела, или появлением первых нефункциональных зачатков органов, которые позже становятся функциональными и полезными. Действительно, возможно разработать правдоподобные гипотезы, объясняющие все эти явления с точки зрения естественного отбора, но каждая такая вспомогательная гипотеза нагружает первоначальную и ослабляет ее до такой степени.

Естественный отбор, конечно, не вызывает вариаций; они даны для его деятельности и являются материалом, с которым он оперирует. Какова же тогда природа отклонений от конкретных типов морфологии, которые отбираются или устраняются? Не те, которые вызваны окружающей средой и передаются по своей природе и направлению потомству организмов, впервые проявивших их. Не является недоказанным, что такие вариации действительно происходят, и даже вероятно, что они действительно происходят. Но мы можем заключить, что частота их появления недостаточно велика, чтобы предоставить достаточный материал для естественного отбора. Также ясно, что обычные вариации, которые мы наблюдаем в любой большой группе организмов, собранных случайным образом, сами по себе не являются материалом для отбора; поскольку мы видели, что экспериментальное выведение на основе таких вариаций не приводит к созданию стабильной расы или “разновидности”. Тем не менее некоторый эффект достигается, и это может быть объяснено предположением, что наблюдаемые вариации на самом деле бывают двух видов — флуктуирующие вариации, которые не наследуются, и мутации, которые наследуются. Небольшой наблюдаемый эффект обусловлен отбором только мутаций: это реальный эффект отбора, несомненная трансмутация конкретной формы, но экспериментальные и статистические исследования, по-видимому, показывают, что отбор из вариаций, которые мы обычно наблюдаем, является слишком медленным процессом, чтобы объяснить существующие формы жизни.

Следовательно, естественный отбор воздействует на мутации. Теперь, похоже, мы вынуждены признать существование двух категорий мутаций: (1) тех стабильных модификаций “единичного признака”, которые мы называем “менделевскими признаками”, и (2) тех групп стабильных модификаций, к которым де Фриз применил термин мутации. На первый взгляд кажется трудным понять, как постоянные модификации конкретной формы могут быть вызваны передачей менделевских символов, поскольку эти символы всегда передаются парами. Давайте возьмем конкретный случай — случай человека, у которого шесть пальцев на правой руке, и предположим, что это был реальный, спонтанно проявляющийся признак или мутация, которые ранее не встречались в родословной этого человека. Затем будут переданы два контрастирующих символа: (1) обычная пятипалая рука и (2) шестипалая рука. Предполагается, что оба этих признака присутствуют одновременно в организации мужчин и женщин семьи, происходящей от данного индивида, но один из них всегда является латентным или

рецессивным. Были бы, однако, особи, у которых присутствовал бы только один из признаков — либо нормальное, либо ненормальное количество цифр, но смешанные браки с особями, принадлежащими к другой чистой линии, немедленно снова привели бы к передаче контрастирующих признаков или аллеломорфов, хотя брак с особью, принадлежащей к той же чистой линии, передал бы нормальный или ненормальный несмешанный признак в другое поколение. Но если обладание шестью пальцами давало несомненное преимущество, и если естественный отбор действительно действовал на цивилизованного человека в том, что касается передачи морфологических признаков, тогда стабильная разновидность (скажем, *Homo sapiens hexadactylus*) могла быть произведена с его помощью. Мутации, которые мы рассматриваем при исследовании наследования чередующихся признаков, являются, следовательно, таким же материалом для естественного отбора, как и мутации, возникающие среди обычных вариаций, проявляемых организмами в целом; но поскольку только один или два признака, по-видимому, подвержены этому способу передачи, процесс был бы настолько медленным, что был бы недопустим в качестве исключительной причины эволюции.

Если мы предположим, что мутации де Фриза являются материалом, на котором работает отбор, эта трудность немедленно устраняется, поскольку теперь мы имеем дело *с группами* устойчивых отклонений: не один или два, а все признаки организма, по-видимому, подвержены изменчивости. Но теперь возникает другая трудность. Вид растения или животного, возможно, очень хорошо справлялся со своими обычными структурными особенностями, а затем несколько особей начинают мутировать. Некоторые отклонения от определенного типа могут принести реальную пользу, но другие — нет: мы можем, действительно, представить себе координацию между мутирующими частями или органами, которая была бы фатальной для животного; с другой стороны, может быть полная координация, в результате чего особь могла бы получить огромное преимущество. Легко видеть, насколько важна координация мутирующих частей тела. Животное, которое сохраняет свое существование, успешно избегая своих врагов, не получило бы большой пользы от более прозрачного хрусталика, если бы стекловидное тело его глаза было слегка непрозрачным; и даже если бы все части глаза были идеально скоординированы, повышенная острота зрения не сильно помогла бы ему, если бы его конечности не были способны быстрее реагировать на более острые ощущения. Следовательно, некоординированные мутации имели бы тенденцию к элиминации, в то время как скоординированные мутации подвергались бы отбору и стали бы признаками новых видов.

Теперь мы должны спросить, почему некоторые группы вариаций скоординированы, а другие нет, и именно здесь мы сталкиваемся с самой огромной из трудностей любой гипотезы трансформизма, которая зависит от концепции естественного отбора. Если мы предположим, что окружающая среда вызывает появление вариаций, то, по-видимому, из этого следует, что эти вариации, вероятно, будут скоординированы, но тогда мы ссылаемся на принцип приобретения признаков и передачи их по наследству. Если, с другой стороны, мы предположим, что вариации возникают спонтанно и, так сказать, совершенно безответственно в зародышевой плазме организма, отбор или элиминация окружающей средой не произойдет до тех пор, пока не появятся скоординированные или нескоординированные вариации. Гораздо более вероятно, что большое количество одновременно появляющихся вариаций будет нескоординированным, чем то, что они будут скоординированы. Просто как вопрос вероятности, прогрессивная модификация вида будет происходить медленно — слишком медленно, чтобы объяснить то, что мы видим.

Два примера помогут вам легче оценить эту трудность. Эволюция, несомненно, протекала в определенных *направлениях*. Есть две доминирующие группы рыб, костистые и эластобранковые, и обе, должно быть, произошли от общего стада. Все признаки у каждого вида рыб должны были быть полезными (с момента их отбора), и все они должны были быть модификациями признаков обычного вида. Последние были модифицированы по двум основным линиям, или направлениям, которые обозначены признаками существующих костистых и эластомерно-жаберных ветвей. Весь скелет, жабры, кровеносная система и мозг в этих группах в определенных отношениях различаются. Следовательно, модификация мозга у примитивных эластобранксов была связана с модификацией черепа, и, следовательно, с челюстным аппаратом, и, следовательно, с жаберным скелетом, и, следовательно, также с сердцем, и так далее. Предположим, что эволюционный процесс включал десять полезных и скоординированных вариаций — не такая уж маловероятная гипотеза — и предположим, что каждая из этих десяти полезных вариаций была связана с девятнадцатью бесполезными. Следовательно, вероятность того, что какая-либо из них действительно произошла, составляла один к двадцати; и если все они происходили независимо, то есть если появление любой из них было совместимо с появлением любой другой или всех остальных, то вероятность того, что все десять вариаций произошли одновременно, составляла 20^{-10} то есть один в числе 20, за которым следуют 10 шифров, что довольно маловероятно.

Большинство студентов-биологов знакомы со сходством так называемого глаза пектинового моллюска и глаза позвоночного. Сходство заключается в общей структуре: в каждом из этих органов есть *камера-обскура*, прозрачная роговица, а за ней хрусталик. На задней стенке камеры находится рецепторный орган, или сетчатка, и он состоит из нескольких слоев нервных элементов. Собственно нервные окончания находятся на поверхности сетчатки, которая отвернута от света, то есть зрительный нерв проходит к передней поверхности сетчатки, а затем его волокна поворачивают назад. Эта “инверсия слоев сетчатки” происходит у всех позвоночных животных, но у беспозвоночных она исключительна. Приведенное выше общее описание одинаково хорошо применимо как к глазу позвоночного, так и к глазу пектена.

Давайте допустим, что эти мантийные органы у пектенов *являются* глазами, поскольку нет убедительных экспериментальных доказательств того, что они действительно являются органами зрения, и правдоподобные рассуждения предполагают, что они могут выполнять другие функции. Давайте предположим, что мельчайшее строение пектинового глаза аналогично строению глаза позвоночного и что его развитие также аналогично: на самом деле и гистология, и эмбриология различны. Тогда мы должны объяснить, исходя из принципов естественного отбора, параллельную эволюцию сходных структур по независимым линиям происхождения; ибо моллюски и позвоночные, несомненно, произошли от какого-то очень отдаленного общего предка, у которого глаз не мог быть чем-то большим, чем простым пигментным пятном с особым нервным окончанием позади него. В каждом случае орган был сформирован в результате очень большого числа последовательно происходящих вариаций, однако эти два набора вариаций должны были быть одинаковыми на каждой стадии двух независимо протекающих процессов. При любом разумном предположении относительно количества требуемых согласованных вариаций и их шансов на возникновение математическая невероятность того, что эти две серии вариаций действительно произошли, настолько велика, что с точки зрения нашей теории трансформизма становится невозможной. Следовательно, естественный отбор не мог породить эти два органа.

Этот аргумент Бергсона, конечно, терпит неудачу в конкретном случае, выбранном им, но это потому, что случай неудачный. Вероятно, морфолог мог бы найти гораздо лучший пример конвергентной эволюции — например, параллелизм между зубами некоторых сумчатых и некоторых грызунов. Если бы детальное гистологическое и эмбриологическое исследование показало сходство структуры и развития, то для таких сравниваемых органов аргумент Бергсона сохранил бы всю свою силу. Тогда нам пришлось бы предположить, что в организме существовал направляющий фактор, или тенденция, координирующая или, возможно, фактически производящая вариации.

Механистическая биология не может предложить никаких средств, с помощью которых одновременно возникающие вариации были бы скоординированы: давайте поэтому думать об этих вариациях как о происходящих независимо друг от друга, и давайте проигнорируем трудность, связанную с редкостью возникновения соответственно скоординированных вариаций. Вариации *проявляются* эволюционирующим организмом, и отбор согласованных рядов является работой окружающей среды. Но окружающая среда - это всего лишь пассивный фактор, и она должна направлять бесчисленные вариации, представленные ей организмом, отвергая большинство, но отбирая некоторые. Давайте представим себе окружающую среду, говорит критик Бергсона, как глухую стену, на которую проецируются многочисленные струи песка. Струи рассеиваются по мере приближения к стене: каждая из них отражает изменения, проявляемые каким-либо органом или органной системой животного. Давайте представим себе рисунок, нарисованный на стене каким-нибудь клейким веществом: там, где стена пустая, песок попадет, но снова отвалится, но он прилипнет к участкам, покрытым клейкой краской. Песчинки ударяются о стену со всех сторон, то есть их направления не скоординированы. Стена пассивна, но на ней отпечатывается рисунок. Из пассивности и несогласованности возникают симметрия и порядок.

Этот аргумент выдерживает поверхностное рассмотрение, но принять его - значит действительно “быть обманутым метафорой”. *Ибо что это за узор на стене?* Это окружающая среда, говорит критик. Но что такое окружающая среда? Неизбежно мы думаем об этом как о чем-то, что создает или формирует организм, способ рассмотрения этого, который влечет за собой всю путаницу мыслей, подразумеваемую в приведенной выше аналогии. Очевидно, что окружающая среда создается организмом. Его *форма*, то есть пространство, является единственным способом движения, возможным для организма; ясно, что является ли пространство, воспринимаемое организмом, одномерным, двумерным или трехмерным, пространство зависит от способа его движения. Его вселенная - это все, на что он может воздействовать, фактически или в созерцании. Атомы и молекулы, планеты и солнца являются его окружающей средой, потому что он может в какой-то мере воздействовать на эти тела или, по крайней мере, сделать их полезными для него. Хлороформ, или сахарин, или метиловый синий, и все красители, получаемые химиками из каменноугольной смолы, являются частью нашей окружающей среды, потому что мы *сделали их*. Они существовали только в потенциальном виде до развития органической химии. Они были возможны, но человек должен был собрать их элементы, прежде чем они станут реальными. *Создавая их*, он давал *направление* неорганическим реакциям.

Несомненно, организм сам выбирает вариации структуры и функционирования, которые проявляются им самим. Если мы не решаемся сказать, что эти модификации являются творениями, давайте скажем, что они представляют собой перестановки элементов структуры и

что они были потенциальными в организации существа, демонстрирующего их. Они происходят в последнем, если мы не должны говорить, что они производятся. Если они вредны, организм менее способен жить и размножаться, а если он все-таки размножается, его потомство подвержено той же инвалидности. Если, как это обычно бывает, они просто не имеют значения, они могут влиять, а могут и не влиять на направление эволюции. Если они приносят пользу, то есть если они обеспечивают большее господство над окружающей средой, над инертными вещами, с которыми организм вступает в контакт, последний расширяет свою вселенную или окружающую среду, живет дольше и передает своему потомству возросшую способность к действию. Неограниченное увеличение власти над инертной материей потенциально присуще живым существам, и вариации превращают эту потенциальность в действительность.

Все это обсуждение очень формально, но из него вытекают два вывода: (1) недостаточность механистических гипотез трансформизма для объяснения всего разнообразия жизни, появившейся на земле за тот ограниченный период времени, который физика допускает для эволюционного процесса. По-видимому, нет никакой возможности ответить на это возражение, если мы продолжим придерживаться уже обсуждавшейся гипотезы трансформизма: она сталкивается с нами на каждом шагу в нашем обсуждении. Какую огромную роль играет, например, “чистая случайность” в уничтожении отдельных организмов в ходе борьбы за существование! Давайте представим себе косяк кильки, которым питаются морские птицы: именно случайность определяет, будут ли птицы охотиться в одной части косяка, а не в другой. Или давайте подумаем о миллионах молодых рыбешек, выброшенных на берег моря отступающим приливом: именно случай определяет, останется ли отдельная рыба выброшенной на берег в мелком песчаном водоеме, который высыхает под солнечными лучами, а не в более глубоком, где вода сохраняется до следующего прилива. Бесполезно настаивать на том, что не существует такой вещи, как “чистая случайность”, и что то, о чем мы так говорим, является всего лишь суммированием множества мелких независимых причин. Давайте согласимся с этим, и все же из этого следует, что альтернатива жизни или смерти для множества организмов зависит не от их приспособляемости, а от мельчайших нескоординированных причин, которые не имеют ничего общего с их морфологией или поведением. Это примеры среди многих других, которые придут на ум полевому натуралисту: они еще больше сокращают время, доступное естественному отбору при формировании видов, поскольку сокращают материал, на который действует этот фактор.

Другим результатом нашего обсуждения является указание на то, что проблема трансформизма видов на самом деле является проблемой органической изменчивости. Давайте предположим, что все гипотезы эволюции верны: что окружающая среда может вызывать изменения морфологии и функционирования животных и растений, и что сами эти изменения — то есть сами фактические приобретения — передаются по наследству. Давайте предположим, что на зародышевые клетки может влиять окружающая среда, либо внешняя физическая среда, либо внутренняя соматическая среда, и что таким образом могут возникать мутации. Давайте предположим, что мутации могут быть каким-то образом отобраны, так что таким образом могут возникнуть специфические нарушения структуры — “индивидуализированные” категории организмов, или виды. Даже тогда трансформизм остается такой же серьезной проблемой, как и прежде, поскольку вопрос о способе происхождения этих вариаций или модификаций все еще требует решения.

Самые простые случаи, которые мы можем придумать, представляют собой самые большие трудности. Мышцы плеч и рук кузнеца становятся больше и сильнее в результате его деятельности. Почему? Мы говорим, что повышенный катаболизм тканей вызывает большее выделение углекислоты и других выделительных веществ, и что они стимулируют определенные мозговые центры, которые, в свою очередь, ускоряют скорость работы сердца и органов дыхания. Увеличенный поток питательных веществ и кислорода затем проходит по кровеносным сосудам в мышцах плеч и рук, и последние *растут*. Вероятно, процессы такого рода действительно происходят, но сказать, что они происходят, значит не дать никакого реального объяснения гипертрофии мускулатуры человеческого тела, поскольку по сути происходит разделение ядер и образование новых мышечных волокон. Как именно увеличенный запас питательных веществ вызывает деление и рост этих ядер? Это относительно простой пример приспособляемости отдельной тканевой системы к изменению общей активности организма, то есть это изменение структуры, вызванное изменением окружающей среды.

Однако в большинстве случаев изменения структуры, которые формируют отправные точки процессов трансмутации, не могут быть четко связаны с изменениями окружающей среды. Некоторые рыбы производят очень большое количество яйцеклеток одиночными выводками — например, говорят, что самка линга ежегодно откладывает около восемнадцати миллионов икринок. Если мы исследуем эти яйцеклетки, то обнаружим значительные различия в диаметре и других измеряемых признаках. Мы можем попытаться соотнести эти отклонения от средних признаков с различиями в окружающей среде. Все яйца “созревают”, то есть они впитывают воду и набухают, в то время как различные части, такие как желток, претерпевают химические изменения примерно за месяц до нереста рыбы. Этот процесс созревания происходит в закрытом мешочке яичника; и яйцеклетки практически свободно лежат в этом мешочке и купаются в жидкости, которая выделяется из кровеносных сосудов в его стенках. Действительно, возможно, что существуют различия в составе этой жидкости в разных частях мешочка; но эти различия не могут быть большими; жидкость на самом деле не является питательной; и процесс созревания не ускоряется. Мы с трудом можем поверить, что различия в морфологии обусловлены этими мельчайшими различиями в окружающей среде. Мы действительно можем сказать, что на самом деле не изучаем зародышевые клетки, когда измеряем диаметр яйцеклетки или исследуем какие-либо другие измеримые характеристики, поскольку настоящая зародышевая плазма — это цветное вещество ядра. Но это, очевидно, порождает целый вопрос: все части яйца, доступные наблюдению, действительно различаются, и должны ли мы заключить, что части, которые недоступны, не изменяются? Они *должны* различаться: зародышевая плазма каждой яйцеклетки *должна* отличаться от зародышевой плазмы всех остальных, поскольку организмы, которые развиваются из этих зародышей, демонстрируют наследуемые различия. Далее, можем ли мы утверждать, что такие незначительные различия в окружающей среде, как мы указали, влияют на зародышевую плазму? Настолько ли она восприимчива к внешним изменениям? Высокая степень стабильности зародышевой плазмы постулируется в рассмотренной нами механистической гипотезе, и действительно, все указывает на то, что специфическая организация очень стабильна. Могут ли тогда его расстраивать такие незначительные различия в соматическом окружении?

Но зародышевая плазма на самом деле не проста, говорит Вайсман; это сложная смесь наследственных зародышевых плазм. Отдельная рыба, которую мы рассматривали, возникла из

совокупности детерминант, и половина из этих детерминант была получена от самца-родителя, а половина - от самки. Но каждый из этих родителей также возник из аналогичной совокупности детерминант, которые опять же были получены от обоих родителей, и так далее на протяжении всей родословной рыбы. Это правда, что зародышевая плазма, внесенная предками, не совсем отличалась, но в некоторой степени они отличались. Тогда в яйцеклетке, из которой развилась рыба, должно было быть столько же перестановок детерминант, сколько перестановок признаков в восемнадцати миллионах произведенных ею яйцеклеток. Разве гипотеза не рухнет под действием собственного веса?

Только такие трудности, о которых здесь говорится, могли побудить Вейсмана сформулировать свою гипотезу о зародышевом отборе. Все эти восемнадцать миллионов яйцеклеток возникли в результате деления относительно небольшого числа зародышевых клеток. Каждая из этих исходных клеток содержала специфический набор детерминант, элементами которых, конечно же, являются биофоры. Следует помнить, что биофоры представляют собой либо очень сложные химические молекулы, либо их совокупности. Когда зародышевые клетки зародышевого эпителия делятся, образуя клетки, которые станут яйцеклетками, биофоры должны делиться и увеличиваться до прежнего размера, и снова делиться — это действительно химическая гипотеза, которую мы излагаем, хотя нам приходится использовать язык, который, кажется, наносит ущерб всем здравым химическим представлениям! Теперь, когда биофоры делились и росли, они “конкурировали” за пищевое вещество, которое находилось в жидкости, омывающей их, и одни получали меньше, в то время как другие - больше, чем в среднем. Таким образом, их характеры стали разными, так что яйца, достигнув зрелости, стали отличаться друг от друга. Теперь, помимо полной невозможности применения какой-либо проверки относительно объективной реальности этой гипотезы, ее следует отвергнуть, поскольку она придает телам, принадлежащим к порядку молекул, свойства, которые на самом деле присущи совокупностям молекул. Типичные свойства газа, например, - это не свойства молекул, из которых состоит газ, а статистические свойства, проявляемые совокупностями молекул. Согласно гипотезе зародышевого отбора, свойства животных, которые развиваются из биофоров, распространяются и на сами биофоры. Несомненно, это было отчаянное положение, которое навело на эту мысль! Это, как сказал Уильям Джеймс об интеллектуализме мистера Брэдли, механизм *в высшей степени!*

Мы, кажется, вынуждены прийти к выводу — и это результат, к которому призвано приблизиться все это обсуждение, — что вариации, по крайней мере, наследуемые вариации, возникают спонтанно. То есть существуют органические различия, у которых нет причин, - вывод, против которого восстанут все наши привычки рассуждать. И все же можно утверждать, что проблема причин вариаций на самом деле, в конце концов, является псевдопроблемой и что нет никакой логической причины, по которой мы должны быть вынуждены постулировать такие причины. Когда мы думаем об органической изменчивости, не думаем ли мы, возможно, тайно, о чем-то изменчивом, то есть о чем-то, что должно быть неизменным, но вынуждено отклоняться? Но то, что доступно нашему наблюдению, - это просто вариации между организмами.

Давайте подумаем о примитивных чеканных машинах времен Тюдоров, которые производили монеты, не очень похожие по весу и дизайну. С того времени чеканные машины постоянно совершенствовались, каждый последующий механизм выпускал монеты, все более и более похожие во всех отношениях, так что теперь у нас есть машины, которые чеканят совершенные, максимально идентичные друг другу. Однако они не совсем похожи, и это потому, что действие

двигателя во всех его операциях не всегда одинаково. Однако в воображении мы создаем чеканную машину, которая действительно работает идеально и выпускает монеты абсолютно одинаковыми, но этот идеальный механизм является лишь концептуальным ограничением серии машин, каждая из которых более близка к совершенству, чем предыдущая.

Маловероятно, что материя обладает жесткостью и однородностью, которые позволили бы нам получить эту совершенную идентичность результата; тем не менее, эта идентичность имеет очень очевидную полезность, и мы стремимся к ней, так что результатом нашей деятельности является концепция совершенного механизма и идентичных продуктов. Мы предполагаем, что причины, по которым наши ранние и более грубые машины были несовершенны, являются также причинами, по которым наши более поздние и более совершенные машины не дают желаемых результатов.

Прежде всего, мы ремесленники, а затем философы, и поэтому мы распространяем этот укоренившийся механизм интеллекта на наши рассуждения. Для биолога организм - это механизм, который при размножении *должен* производить совершенные копии самого себя. Он этого не делает. Итак, если биология и показывает нам что-либо, так это то, что живая материя по существу "лабильна", то есть является чем-то текучим, в то время как неживая материя по существу жесткая или почти таковая. Однако, игнорируя это различие, мы ожидаем от организма той идентичности результата и операции, которую мы концептуализируем, но на самом деле не получаем от искусственной машины. Мы рассматриваем организм не только как механизм, подобный чеканному станку, но и как концептуальный предел ряда механизмов. Репродуктивный аппарат нашей рыбы вырабатывает яйцеклетки не идентичные, а отличающиеся друг от друга. Мы говорим, что некоторые из этих вариаций обусловлены действием окружающей среды; а некоторые - тем условием, что каждая яйцеклетка получает в наследство от множества предков несколько иные признаки. Остальное, как мы предполагаем, связано с несовершенной работой репродуктивного механизма.

Полезно, чтобы наука так рассматривала работу организма, ибо в поисках причин вариаций наш анализ явлений жизни становится более глубоким. Но дает ли нам какой-либо результат исследования или рассуждения основание предполагать, в качестве чистой спекуляции, что отклонения от определенного типа структуры физически детерминированы во всех их масштабах? Разве у нас нет такого же основания полагать, что эти отклонения действительно спонтанны и что они возникают *de novo*? Итак, мы подходим с точки зрения экспериментальной биологии к идее Бергсона о творческой эволюции.

ГЛАВА VII ЗНАЧЕНИЕ ЭВОЛЮЦИИ

Помимо экспериментальных исследований, результаты сравнительной анатомии, даже если они дополнены результатами сравнительной эмбриологии, и даже если они включают ископаемые, а также живые организмы, не более чем предполагают наличие эволюционного процесса. Напрасно мы пытаемся продемонстрировать трансмутацию форм жизни, показывая, что сходство строения наблюдается у всех животных, принадлежащих к одной и той же группе.

Мы можем успешно показать, что скелет конечностей и поясов позвоночных животных анатомически представляет собой один и тот же ряд частей, будь то руки и ноги человека, или крылья и лапы птиц, или грудные и брюшные плавники рыб: подобные гомологии действительно были предложены средневековыми сравнительными анатомами независимо от каких-либо представлений об эволюционном процессе. Мы можем показать, что простота скелета головы человека является только кажущейся и что в нем можно проследить большинство анатомических элементов, входящих в череп и висцеральные своды рыб; и что произошли слияния, потери и перемещения частей, которые могут быть использованы для объяснения наблюдаемых различий в форме. Все это с таким же успехом можно было бы объяснить, предположив процесс специального создания или постепенную разработку плана или замысла. Точно так же, как Бог создал Еву из лишнего ребра, взятого из тела ее мужа, точно так же Он, возможно, сформировал слуховые косточки высших позвоночных из тех частей внутренних сводов низших форм, которые стали излишними при построении более высокоорганизованного создания. Как бы сильно язык эволюции ни навязывался биологии, он не более чем символизирует результаты анатомии и эмбриологии и обеспечивает удобную основу, на которой они могут быть расположены.

Но если, как показывает вся современная экспериментальная работа, форма организма в конечном счете является результатом его взаимодействия с окружающей средой; если, как мы действительно видим, эта форма не является неизменной, а является стадией в процессе изменения; и если отклонения от нее могут происходить со всей видимостью спонтанности, то, по-видимому, наблюдаемые факты сравнительной анатомии и эмбриологии поддаются только одному объяснению. Они представляют собой результаты эволюционного процесса, и взаимосвязи, на которые указывают морфологические исследования, уже не просто логичны, а действительно материальны. Теперь мы можем попытаться использовать эти результаты в попытке проследить направления, принятые процессом эволюции.

При этом мы устанавливаем схемы филогении. Мы делим все организмы на растения и животных, а затем подразделяем каждое из этих царств жизни на небольшое количество подцарств, в каждом из которых мы выделяем классы, отряды, семейства, роды и виды. Но наша классификация больше не является просто формальным устройством, посредством которого мы вносим порядок в путаницу естественных вещей. Теперь это “генеалогическое древо”, и по нему мы пытаемся вывести происхождение любого из представленных в нем членов.

Подцарства, или типы, организмов являются основными группами в этой эволюционной классификации. Мы делим всех животных примерно на девять таких типов — простейшие, или одноклеточные организмы; пориферы, или губки; кишечнополостные, группа, в которую входят все такие организмы, как зоофиты, кораллы, морские анемоны и “медузные рыбы”; плоскоглоточные черви, то есть ленточные черви, трематоды и некоторые другие структурно сходные животные, которые свободно обитают в природе; кольчатые черви, довольно разнородное сообщество существ, которое включает всех тех животных, которых обычно называют червями; кольчатые черви. Иглокожие, которые представляют собой морских звезд, морских ежей и звездчатых перьев, обитающих в море; моллюски, то есть животные, хорошими примерами которых являются устрица, барвинок, садовый слизень и осьминог; членистоногие, к которым относятся ракообразные, насекомые и пауки; и, наконец, позвоночные. Любую подобную классификацию мы, естественно, стремимся сделать как можно более полной, но за основу более крупных групп цепляются небольшие группы организмов, точное родство между

которыми сомнительно. Тем не менее, в целом, эти подотрасли организмов четко представляют основные направления, по которым развивалась нынешняя сложность строения животных.

Существует существенная структура, которую мы пытаемся приписать всем животным каждого типа и которая отличается от структуры животных, принадлежащих ко всем другим типам. Простейшие, которых в настоящее время мы рассматриваем как животных, представляют собой организмы, тела которых состоят из отдельных клеток. Эти клетки могут объединяться в колонии, но с таким же успехом они могут существовать и отдельно друг от друга. Они могут быть заключены в известковые, кремнистые или целлюлозные скелеты или раковины, или они могут обладать известковыми или кремнистыми спикулами в своих тканях — эти части несущественны, и схематическое простейшее представляет собой клетку, содержащую единственное ядро и способную к независимому существованию. К пориферам, как и ко всем другим типам, относятся организмы, тела которых состоят из совокупностей клеток. У *Porifera* клетки, которые специально модифицированы по структуре, расположены таким образом, что образуют внутренние стенки "губчатой структуры", полости которой открываются наружу через ряд пор, через которые циркулирует вода. Тела кишечнополостных обычно представляют собой мешочки, образованные двойной стенкой клеток — энтодермы и эктодермы. Этот мешок открывается наружу единственным отверстием, или ртом, окруженным кольцом щупалец, и его полость - единственная, содержащаяся в теле животного. Плоскогельминтные черви - это животные, тела которых также состоят из эктодермальной и энтодермальной тканей, между которыми вставлена другая мезодермальная ткань. У них есть единственный пищеварительный мешок или пищеварительный канал, открывающийся наружу только через рот; и все они обладают сложным гермафродитным репродуктивным аппаратом. Во всех других типах также есть три основных слоя или вида ткани, но в дополнение к полости пищеварительного канала существует также полость тела, или кишечник, который содержится в мезодермальных тканях. Иглокожие являются такими же клетчатými животными, но пищеварительный канал теперь открывается наружу как через рот, так и через задний проход; существуют отдельные системы сосудов, по которым циркулируют вода и кровь; кровеносная система сосудов закрыта снаружи, водно-сосудистая система открыта; а покровный слой вооружен известковыми шипиками или пластинками. Кольчатые черви - животные с телом цилиндрической формы, сегментированным таким образом, что образуются многочисленные суставы. Каждый сегмент несет шипы, волоски или какие-либо придатки, а также содержит отдельный нервный центр. Пищеварительный канал открывается наружу ртом и задним проходом, и в нем есть просторная полость тела. Моллюски - несегментированные животные. Спинная часть их тел содержит внутренние органы и защищена панцирем, в то время как брюшная часть модифицирована с целью передвижения. Складка кожного покрова свисает по всему телу и окружает полость, в которой находятся жабры. Членистоногие - сегментированные животные. Тело вооружено известковым панцирем, который образует экзоскелет. Каждый сегмент тела несет пару сочлененных придатков, а также содержит отдельный нервный центр. Вся серия ганглиев соединена вместе посредством нервного канатика, и нервная система расположена вентрально пищеварительному каналу. Позвоночные также являются сегментированными животными, но сегментация не проявляется внешне. Скелет является внутренним и построен вокруг осевого стержня или хорды. Нервная система расположена дорсально пищеварительному каналу. Есть две пары конечностей.

Таким образом, мы устанавливаем существенную или схематическую структуру, характерную для каждого типа. Эти схемы не имеют реального существования: это морфологические типы,

из которых можно вывести действительное строение тела животных каждого типа. Они представляют собой минимум частей, которые должны присутствовать для того, чтобы животное можно было отнести к тому типу, к которому, как мы предполагаем, оно может принадлежать. Но эти анатомические части на самом деле не обязательно должны присутствовать в полностью развитом организме: так, существуют ракообразные, у которых тело не сегментировано и у которых нет ни известкового экзоскелета, ни суставчатых придатков; и есть позвоночные, у которых конечности могут отсутствовать. Но в таких случаях нам требуются доказательства того, что существенные анатомические признаки, отсутствующие у полностью развитого животного, появились на каком-то этапе его онтогенеза, и эти доказательства обычно имеются. Или, если невозможно получить эмбриологические доказательства, нам требуются доказательства того, что животное можно проследить назад во времени, с помощью других признаков, до какой-то формы, в которой вновь появляются недостающие структуры. Таким образом, схемы представляют собой обобщенную или концептуальную морфологию типа. Они не являются морфологией отдельного организма, но включают морфологию расы.

Это, по словам Бергсона, темы, на основе которых были построены бесчисленные вариации. Структурные элементы могут быть подавлены, например, когда хорда исчезает при развитии индивидуальной оболочки, хотя она присутствует у личинки. Или элементы могут исчезнуть и быть заменены другими структурами, как это бывает, когда настоящие жабры моллюска теряются у голожаберных моллюсков и заменяются дыхательными шлейфами. Они могут быть сведены к остаткам, как в случае с “пером” кальмаров или “каракулевой костью” каракатицы, остаткам куполообразной раковины примитивного моллюска; или в червеобразном отростке человека, остатке объемистой задней кишки травоядного животного. Структуры, которые изначально были отдельными, могут срастаться, например, когда большее количество примитивно обособленных сегментов грудной клетки ракообразного срастается, образуя “тело” краба; или когда сегментарные ганглии того же животного срастаются вместе, образуя большой грудной нервный центр. Форма и расположение структуры могут варьироваться в широких пределах: так, пищеварительная полость некоторых кишечнорастворимых может представлять собой простой мешок, как у гидры, но она может быть частично разделена многочисленными брыжейками, как у зооидов кораллов; или простой трубчатый пищеварительный канал у некоторых плоскоглоточных червей может быть раздвоенным у других, тройным у третьих или даже снабженным многочисленными боковыми ответвлениями, как у более специализированных видов группы. Органы, изначально простые, могут подвергаться прогрессирующей модификации: так, глаз моллюска может представлять собой простую покровную полость, на дне которой находятся несколько простых нервных окончаний и немного черного пигмента; или эта полость может закрыться, образуя мешочек, а передняя часть мешочка может стать прозрачной, образуя роговицу. За роговицей может образоваться хрусталик, а простые концевые отростки нервных окончаний могут превратиться в многослойную сетчатку огромной сложности строения. У низших хордовых центральная часть кровеносной системы представляет собой простой сократительный сосуд, но он становится двухкамерным сердцем рыбы, трехкамерным сердцем рептилии или мощным четырехкамерным сердцем теплокровного животного. Анатомические элементы могут изменять свои функции; так, части висцерального скелета у рыб могут стать косточками среднего уха у рептилий и млекопитающих; в то время как его плавательный пузырь, возможно, у высших позвоночных представлен легкими.

Таким образом, может иметь место подавление частей, приводящее к полному исчезновению или к простым остаткам исходной морфологии. Структура, вырождающаяся из-за неиспользования, может утратить свои типичные связи с другими структурами и приобрести совершенно новые. Или же его возрастающее значение может привести к его гипертрофии и усложнению структуры, и, возможно, к включению новых анатомических элементов, или к включению других частей, функция которых изначально могла быть совершенно иной. Всевозможными способами органы и органые системы могут анатомически изменяться в результате адаптивных модификаций или косвенно в результате неадаптивных модификаций, вызванных адаптивными модификациями соседних частей. Задачей сравнительной анатомии является проследить эти изменения морфологии с помощью изучения эмбриологии и сравнения строения частей тела ископаемых животных. Рассматривая процесс трансформизма как доказанный экспериментами и наблюдениями в области селекции и наследственности, натуралист пытается проследить линии, по которым развивалась эволюция, исходя из результатов морфологических исследований.

Такие результаты могут иметь лишь очень ограниченную ценность, и часто бывает так, что несколько интерпретаций морфологических результатов одинаково вероятны. Мы можем заключить, что существующие костистые и поясно—жаберные рыбы произошли от общего подвида, которого больше не существует; мы можем аналогичным образом заключить, что птицы и рептилии тесно связаны, в большей степени, чем любая из этих групп с млекопитающими; и мы можем заключить, что приматы — группа млекопитающих, к которой принадлежит Человек, - произошли от какой-то группы, родственной существующим копытным или насекомоядным, в то время как сами млекопитающие, возможно, произошли от какой-то группы позвоночных, родственной как амфибиям, так и рептилиям. Но о природе животных, сочетавших в себе черты Птиц и Пресмыкающихся или Пресмыкающихся и Амфибий, мы ничего не знаем. Палеонтология, если бы ее результаты были более многочисленными, чем они есть, предоставила бы нам материал для открытия этих “недостающих звеньев”, и не может быть сомнений в том, что по мере того, как мир становится более известным, наши знания о палеонтологических этапах истории существующих групп станут более полными, так что со временем мы сможем располагать фактическими историческими данными о филогении основных групп животных. Но примечательно, что, хотя результаты сравнительной анатомии и эмбриологии, подкрепленные результатами палеонтологии, позволяют нам проследить короткий ряд стадий эволюционного процесса, они все же показывают нам пробелы во всех местах, где должны сходиться линии происхождения. Они показывают нам, например, что древнейшие известные Птицы были определенно рептилиями по своей морфологии, но они не показывают нам животное, которое не было бы ни птицей, ни рептилией, но от которого произошли обе группы позвоночных; и это почти всегда имеет место в наших гипотетических

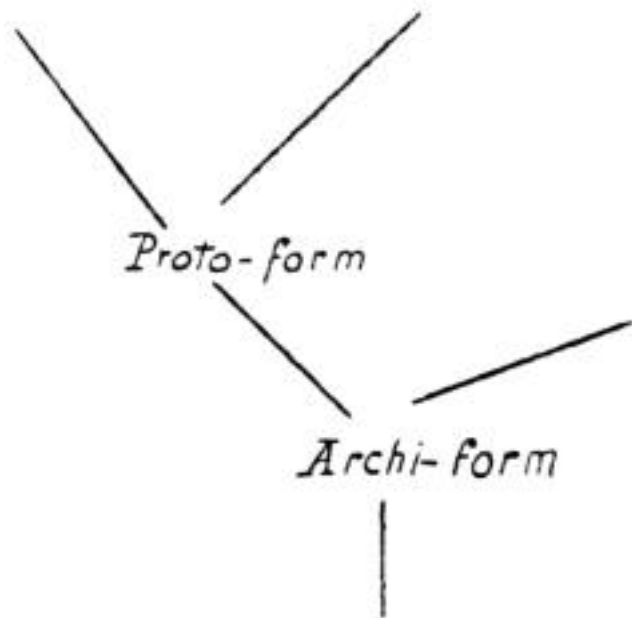


Рис. 25. Морфологии

схемах филогении.

приходится постоянно постулировать существование “аннектирующих” форм, “Архимоллюсков”, “Протоящеров”, “Протохордовых” и т.д.: гипотетических животных, сочетающих в себе признаки тех, которые лежат вблизи оснований расходящихся линий происхождения. Нет ничего, что могло бы направлять нас при построении этих присоединяемых форм, кроме прогрессирующей простоты строения, указанной в морфологических и палеонтологических сериях. Например, у более ранних птиц были зубы, как и у Рептилий, следовательно, у аннектирующей формы были зубы, и это было животное, сочетающее в себе схематическую морфологию как Птиц, так и Рептилий. Но именно в зависимости от значения, которое мы придаем одному морфологическому признаку, а не другому, структура присоединяемой формы будет отличаться. Является ли, например, пищеварительный канал позвоночного наиболее фундаментальной и консервативной частью его морфологии, то есть является ли это структурой, наиболее устойчивой к изменениям в ходе эволюционного процесса? Тогда мы можем рассматривать позвоночных как происшедших от какого-то животного, которое было тесно связано с кольчатыми червями. Или нервная система - самая консервативная часть анатомии позвоночных? Если это так, мы можем проследить происхождение главного ствола хордовых от животных, которые включали в число своих признаков признаки самых примитивных членистоногих. В одном случае аннектирующая форма соединяет стебли позвоночных и кольчатых червей, но в другом случае она соединяла бы стебли позвоночных и членистоногих, вывод, который, по-видимому, делает более вероятным строгое применение результатов морфологии.

Но, как бы то ни было, мы не должны упускать из виду, что формы—аннектанты - “Архимоллюск”, “Протоящерица”, “Протохордовые” и тому подобное - это всего лишь фикции, которые мы основываем на точном значении, которое мы придаем одной части существенной морфологии группы животных, а не другой. Эти гипотетические животные и генеалогические схемы или филогении, корни которых они образуют, представляют собой традиционное изложение результатов сравнительной анатомии, причем этот термин используется для обозначения анатомии развивающегося животного и анатомии вымерших форм. До тех пор, пока мы не располагаем репрезентативным рядом ископаемых останков животных, существовавших в прошлом, все схемы происхождения, основанные на сравнении частей или

органов ныне живущих животных или на сравнении стадий развития, должны обладать сомнительной ценностью, если они претендуют на указание направления, выбранного эволюцией. Их истинная ценность заключается скорее в том, как они воплощают наши знания о морфологии, и в стимуле, который они придают постоянному и тщательному исследованию строения животных.

Почему "Теория гастрономии" Геккеля получила такое признание во второй половине девятнадцатого века? Она соотносила большое количество фактов в том смысле, что постулировала общую однородность структуры на ранних стадиях развития очень многих животных, принадлежащих к широко разделенным группам. Во всех этих случаях яйцеклетка разделяется на массу клеток, которые затем образуют полый шар (A).

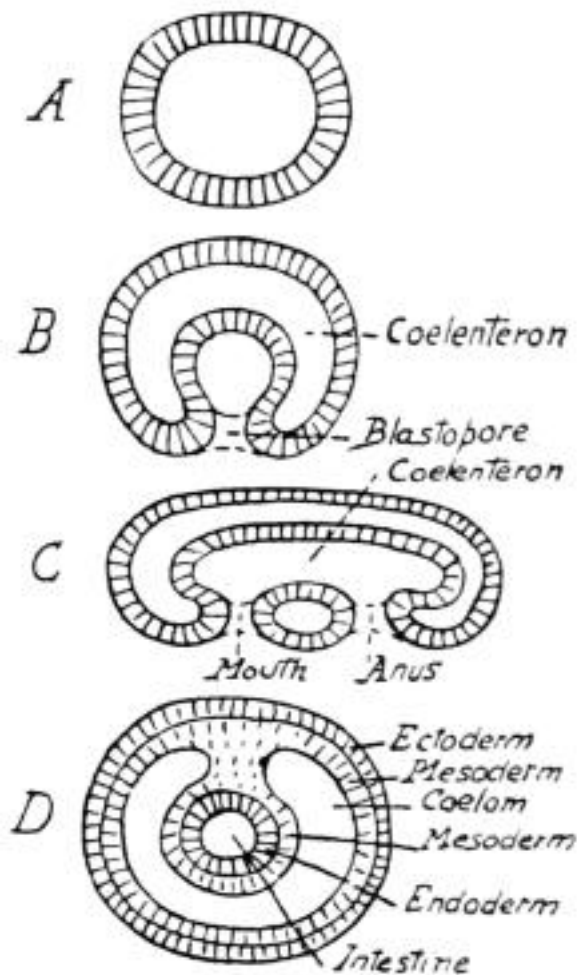


Рис. 26. Одна сторона этого шара вдавливается внутрь

так, что внутренняя часть полой сферы оказывается противоположной внутренней стенке верхней части. Таким образом, образуется небольшой мешочек, состоящий из двух слоев клеток, эктодермы и энтодермы, и открывающийся наружу отверстием, blastopore (B). По сути, это анатомия схематичного Членистоногого животного — Гидра, например, убедительно свидетельствует об этом. Предположим теперь, что устья blastopores срастаются в одном месте, так что в полость гастролы входят два отверстия вместо одного; и предположим, что сферический организм удлинится так, что образуется цилиндр, причем удлинение затрагивает сросшуюся часть blastoporeической области. Тогда мы, очевидно, имеем червеобразное животное с пищеварительным каналом, ртом и анусом (C). Предположим далее, что дополнительный слой клеток образуется между энтодермой и эктодермой в результате

пролиферации одной из этих тканей, и предположим, что он становится двойным и что между двумя листками клеток, образующими этот средний слой, появляется полость: эта полость становится полостью тела или *coelom* (*D*). Теперь такие стадии бластулы и гастролы появляются в онтогенезе животных, принадлежащих к совершенно разным группам, и такое формирование среднего слоя, или мезобласта, и мезобластных, или клеточных, полостей также действительно происходит. Предположим поэтому, что все многоклеточные животные произошли от примитивной формы гастреи, по существу сходной по морфологии с личинкой гастролы; и предположим, что все клеточные животные произошли от формы, в которой третий слой клеток, или мезобласт, стал интеркалированным между двумя другими. Эти два предположения являются основой классической филогении прошлого столетия; все членистоногие животные произошли от брюхоногой формы, и все животные выше Членистоногих произошли от трехслойной формы. В этой гипотезе подразумевается также третья, что стадия эволюции Гастреи обладает такой степенью стабильности, что она сохранилась, хотя и в неясных условиях, в развитии почти всех многоклеточных животных. Тройные зародышевые слои, энтодерма, эктодерма и мезодерма, которые впервые стали отличаться друг от друга у примитивных клеточных животных, также приобрели высокую степень стабильности, и они были переданы по наследству всем животным, стоящим выше клеточных. Следовательно, желудочную оболочку и три зародышевых слоя следует искать на стадиях развития всех высших животных, и они обычно обнаруживаются. Пусть будет признано, что они могут появляться преходяще, что они могут быть скрыты многими способами, тем не менее они должны быть там.

Теория желудка перестала быть полезной как средство описания или рабочая гипотеза исследования после расцвета экспериментальной эмбриологии. Невозможно было доказать, что процесс развития путем гастрюляции и расщепления мезодермального слоя настолько консервативен, что сохранялся на протяжении большей части эволюции животного мира, однако без этого доказательства нельзя было бы утверждать, что покрытая оболочкой гастрола развивающейся яйцеклетки лягушки, например, генетически связана с гастролой личинки иглокожего. Что действительно указывает экспериментальная эмбриология, так это то, что формирование гастролы и (в большинстве групп) трех зародышевых слоев являются лишь *средством* морфогенеза. При делении яйцеклетки и расположении клеток для формирования зачатков органов формирование гастролы и мезодермы, как правило, является линией наименьшего сопротивления в процессе развития. Если они не появляются или их трудно распознать в онтогенезе группы животных, неверно предполагать их присутствие в сокращенной или искаженной форме, постулируя, что они *должны* присутствовать, поскольку передаются по наследству. Физические условия, несомненно, влияют на процессы развития, и нет никаких оснований предполагать, что все онтогенетические процессы изначально были одинаковыми.

Если мы не будем напрягать факты в наших описаниях органической природы и не будем основываться на недоказуемых догадках, все, что морфология определенно показывает нам, - это то, что эволюционный процесс привел к образованию примерно дюжины больших групп организмов, к каждой из которых добавились более или менее тесно связанные с ними меньшие группы. Следует ли представлять эти более крупные линии происхождения, как это обычно бывает, в виде ветвей, отходящих от одного ствола, или же они действительно являются побочными, каждая из которых эволюционировала независимо от всех остальных, - это вопрос, который нельзя решить только методами сравнительной анатомии или эмбриологии. Широко различающиеся и равновероятные филогении прошлого указывают на то, что данных для

решения такой проблемы не существует, во всяком случае, пока. Что мы могли бы обсудить с большей пользой, так это вопрос о том, какое из больших подразделений жизни представляет собой основные результаты эволюции сложных органических образований из простых живых субстанций, в которых, как мы предполагаем, впервые материализовалась жизнь на нашей земле. Какие виды деятельности и структурные формы представляют собой основные проявления эволюционного процесса?

То есть, какие большие группы организмов являются *доминирующими* на земле? На большую или меньшую степень доминирования указывает степень распространения группы организмов на земле, ее обилие и период времени, в течение которого ее можно распознать в ископаемом состоянии. Повсеместное распространение подразумевает высокую степень приспособляемости: группа организмов, населяющих сушу, море и атмосферу, очевидно, представляет собой группу организмов, морфологическая структура которых достаточно эластична, чтобы допустить развитие различных способов передвижения; а конечности могут быть либо придатками наземного животного, либо плавниками или другими органами плавания водного существа, либо крыльями того, кто приспособлен к полету. Доминирование в этом отношении подразумевает подвижность и активность, а также относительно высокоразвитую нервную систему; это подразумевает развитие органов, специализированных для хватания, то есть для захвата пищи; и это также подразумевает высокую степень приспособляемости к совершенно различным физическим условиям, например, к перепадам температуры. Доминирование в геологическом времени означает также эту большую приспособляемость к изменениям климатических условий и развитие средств распространения, достаточных для преодоления обширных физических изменений на поверхности земли. Наземный вид мог оказаться изолированным в результате образования горного хребта или затопления суши, прилегающей к той, которую он населял, и некоторые широко распространенные виды растений и насекомых, должно быть, смогли пересечь океанические районы. Многочисленность группы, очевидно, подразумевает большую способность к размножению, способность противостоять физическим изменениям и способность противостоять конкуренции с другими хищными существами. Короче говоря, доминирование означает, что организм в высокой степени обладает врожденными способностями к размножению, а также теми видами деятельности, которые позволяют ему реагировать адаптацией морфологии, функционирования и поведения на изменения окружающей среды. Эти изменения окружающей среды - это те, которые, должно быть, происходили в течение длительных геологических периодов, а также те, которые испытывает организм в своих постоянных попытках расширить область своего распространения.

Если мы сделаем широкий обзор животного мира, то обнаружим, что господство в этих отношениях приобрели три большие группы организмов: (1) бактерии, (2) хлорофиллиевые организмы, (3) членистоногие и (4) позвоночные. В каждом случае выполняются тройственные условия широкого распространения по всей земле, как в пресных, так и в морских акваториях, на суше и в атмосфере; существования на протяжении большей части геологического времени; и способности противостоять изменениям окружающей среды. Известно, что эти бактерии существовали в каменноугольный период. В настоящее время их распространение на земле универсально: ни одна часть поверхности суши и ни одна водная масса, морская или озерная, — какими бы непригодными они ни были для жизни более высокоорганизованных существ, — не заселена бактериями. Они способны выдерживать экстремальные температуры или соленость, которые были бы смертельны для многоклеточного растения или животного.

Паразитизм - это образ жизни, который они проявляют в более разнообразной степени, чем любые другие организмы. Верхние слои атмосферы - единственные части Земли и ее оболочек, которые они не населяют.

К хлорофилловым организмам относятся те одноклеточные растения и животные - в отношении этих организмов различие становится неясным, — которые окрашены в синий, зеленый, коричневый или красный цвета из-за наличия в клетках хлорофилла или какого-либо вещества, родственного этому соединению, и они включают, конечно, зеленые растения. Подобно бактериям, они распространены по всему миру, охватывая сушу, море и пресноводные районы; и это ограничено главным образом распространением солнечного света и более низким пределом температуры. Морские водоросли, диатомовые водоросли, перидинии и другие организмы, содержащие хлорофилл, по-видимому, обитают во всех частях мирового океана, безусловно, на глубине от двадцати до пятидесяти морских саженей от поверхности моря. Зеленые растения обитают на суше повсюду, за исключением полярных областей, вершин высоких гор и пустынных районов из-за недостатка воды или наличия минеральных веществ.

Эти условия — температура, освещенность, почва и т.д. — по-видимому, не ограничивают распространение членистоногих и позвоночных. Мы находим оба вида животных в глубочайших океанических пропастях (глубоководные рыбы и ракообразные), на полярной суше и в морских регионах (человек, некоторые насекомые, ракообразные и птицы), а также в пустынных районах и на вершинах самых высоких гор. Муравьи делят подпочву с бактериями. Птицы и насекомые покоряют атмосферу своей активностью, а не просто переносятся ветром, как бактерии. Ракообразные, такие как веслоногие, распространены в море во многом так же, как насекомые в атмосфере, в то время как изогнутые и амфиподы, насколько это касается морского дна, аналогичны паукам, многоножкам и муравьям на суше. Рыбы распространены на всех глубинах и почти во всех физических условиях в море. Некоторые виды морских млекопитающих и птиц довольно космополитичны, за исключением того, что они обитают только в верхних слоях океана. Наземные млекопитающие подвергаются тем же ограничениям, что и зеленые растения, поскольку не могут выжить в пустынях и полярных районах. Единственными участками моря, которые не населены членистоногими и позвоночными, являются те ограниченные глубокие слои воды (как в случае с более глубокими слоями Черного моря), где в растворе имеются скопления ядовитых химических веществ. Но бактерии населяют даже эти регионы.

Зеленые растения, членистоногие и позвоночные встречаются в виде окаменелостей почти в каждой части слоистых пород. Трилобиты представляют собой завершение длительного эволюционного процесса, и то же самое можно сказать о первых рыбах, найденных в силурийских породах, так что эти группы животных, должно быть, существовали в геологические периоды, представленные теми остатками горных пород, которые старше самых ранних ископаемых. Остатки растений присутствуют в силурийских породах, но не может быть никаких сомнений в том, что папоротники и другие хлорофиллиевые организмы должны были существовать задолго до этого времени. Вряд ли можно предполагать, что бактерии, обнаруженные в каменноугольных породах, впервые появились в это время в истории земли: подобно другим крупным группам жизни, они, вероятно, имели длительную историю до того времени, когда появились геологические формации, в которых они были впервые обнаружены. Таким образом, наши доминирующие группы организмов можно проследить почти до самых истоков жизни на земле.

Нельзя сказать, что господство, как мы его определили, было достигнуто каким-либо другим из подцарств жизни. Полужесткокрылые и губки, по-видимому, существовали на протяжении всего периода, в течение которого остатки организмов можно проследить в горных породах, но они всегда были исключительно водными животными и очень редко распространены в пресноводных регионах. Иглокожие также являются очень древней группой, но в прошлом они были более многочисленны, чем сейчас, и, по-видимому, были исключительно морской группой животных. Моллюски существовали с момента зарождения слоистых отложений, и они являются как водными, так и наземными животными, но принадлежат преимущественно к морю. Они всегда были относительно вялыми и малоподвижными животными, за исключением крупных кальмаров и каракатиц, но, к счастью для других обитателей моря, эти грозные существа, по-видимому, обладают ограниченной способностью к размножению, и их никогда не было в большом количестве. Все более мелкие группы животных ограничены в своем распространении: плоские черви встречаются редко как на суше, так и в море, и своего наивысшего развития они достигают как паразиты в телах других животных. Кольчатые черви, гефиреи, немертиновые черви, полизои, коловратки и т.д. - все это группы животных, обитающие в основном в пресной и морской воде, и ни одна из них не встречается в изобилии. К большинству крупных типов относятся меньшие группы: вымершие трилобиты, эвриптериды и т.д. По отношению к членистоногим; группа, представленная сейчас *Peripatus* по отношению к членистоногим и кольчатым червям; *Enteropneusta* и некоторые другие существа, которые, по-видимому, обладают сходством с иглокожими и хордовыми; и вымершие остракодермы, которые, по-видимому, были связаны либо с членистоногими, либо с позвоночными, либо с обоими. Все эти меньшие группы животных мы должны рассматривать как представляющие побочные пути, пройденные эволюционным процессом, — пути, которые либо заканчивались вслепую, как в случае с теми группами, которые вымерли, или которые мы все еще можем проследить в существующих остатках групп, которые раньше были более многочисленны, чем сейчас.

Только среди существующих бактерий, хлорофиллиевых организмов, членистоногих и позвоночных жизненный импульс нашел свое наиболее полное проявление, и мы можем даже сузить основной путь эволюции до определенных групп в каждом из этих типов. Некоторые бактерии — те, которые исключительно паразитируют в телах теплокровных животных, — приняли наиболее специализированный образ жизни и, можно даже сказать, существуют с трудом, поскольку здоровое животное способно их уничтожить. Только те бактерии, которые живут на открытом воздухе или на мертвых тканях растений и животных, достигли реального господства. Некоторые зеленые растения, такие как папоротники, сейчас встречаются гораздо реже, чем в прошлом; в то время как грибы и некоторые другие сапрофитные и паразитические растения специализировались во многом так же, как паразитические черви, и их распространение ограничено. Морские водоросли приурочены к относительно узкой полосе моря вокруг границы суши. Огромные деревья, травы и микроскопические зеленые растения, такие как диатомовые и перидиниевые, представляют собой действительно доминирующие организмы в растительном царстве. Что касается членистоногих и позвоночных, то было много неудачных линий эволюции: трилобиты, например, в первой группе; и панцирные ганоидные рыбы, вооруженные рептилии, летающие рептилии, а также гигантские ящеры и млекопитающие среди позвоночных. Среди существующих членистоногих и позвоночных есть несколько более мелких групп, которые сохраняются, так сказать, лишь с трудом. Таковы пауки, клещи и скорпионы среди членистоногих; а также оболочниковые, двукрылые рыбы, хвостатые

амфибии, многие рептилии и летающие млекопитающие среди хордовых: это, конечно, лишь примеры менее успешных линий эволюции в этих типах. Доминирующими членистоногими и позвоночными являются ракообразные, перепончатокрылые насекомые, костистые и прямокрылые рыбы, а также наземные млекопитающие. Земля принадлежит Человеку, общественным и одиночным муравьям, Осам и Пчелам, морским ракообразным, Костистым рыбам, Деревьям, Травам и одноклеточным диатомовым и перидиниевым, а также гнилостным и прототрофным бактериям. Это организмы, в которых жизнь достигла своих самых полных проявлений и достигла наибольшего успеха в своем господстве над косной материей.

В каких же видах деятельности и морфологии жизненный импульс нашел наиболее полное выражение? Мы сразу видим, что в отношении энергетических процессов жизнь следовала по двум расходящимся линиям — животной и растительной. Нет абсолютного различия между энергетическими преобразованиями, происходящими в живых растениях и животных — мы вернемся к этому вопросу позже, — но мы можем безошибочно проследить разницу в тенденциях, то есть в направлении, выбранном эволюцией. Это различие мы уже рассматривали в предыдущей главе, но можем проиллюстрировать его, рассмотрев безжизненную землю, а также землю, населенную только растениями, или животными, или и тем и другим.

На безжизненной земле все энергетические процессы постоянно стремились бы к состоянию стабильности. Земная кора, то есть часть, известная нам из непосредственных наблюдений, состоит из горных пород и остатков горных пород; материалов, состоящих из соединений кислорода, кремния, железа, алюминия, натрия, калия, кальция и так далее. Это вещества, которые были бы стабильны, если бы не разрушающее действие воды, газов атмосферы и вулканическая активность. Но поскольку вулканическая активность всегда стремится к прекращению, кислород атмосферы постепенно исчез бы, во-первых, из-за его соединения с окисляемыми веществами, а во-вторых, из-за его соединения с азотом атмосферы под воздействием электрических разрядов. Углекислый газ либо соединялся бы с материалами в горных породах, либо оставался бы в атмосфере вместе с азотом и другими инертными газами в стабильном состоянии. Вода, перемещаемая приливами и ветрами, постепенно стекала бы по поверхности суши, если бы вместе с другими газами она постепенно не рассеивалась в космическое пространство. Таким образом, мы видим, что материалы земли имеют тенденцию образовывать устойчивые комбинации и что они приближаются к условиям, при которых потенциальная химическая энергия сводится к минимуму, а вся энергия, которой обладает материя, является энергией движения молекул, то есть кинетической энергией, недоступной для преобразований любого рода. Это была бы земля, лишенная явлений.

Растительная жизнь сама по себе была бы возможна только какое-то время на земле такой, какой мы ее знаем в настоящее время. Существование зеленого растения зависит от наличия в почве минеральных веществ, таких как соли азотной кислоты и аммиака, а также от присутствия воды и углекислого газа в атмосфере. Хлорофиллиевый аппарат - это, по сути, механизм, посредством которого эти вещества превращаются в углеводы, такие как крахмал и сахар; углеводороды, такие как смолы и масла; и протеиды. Энергия, необходимая для этих синтезов, получается из солнечного излучения с помощью пластид хлорофилла. Поступление нитратов или аммиака в зеленые растения зависело бы от сочетания азота атмосферы с кислородом или от выбросов вулканов, а это необратимые процессы, которые постоянно стремятся к прекращению. Растению также требуется углекислый газ, и количество этого вещества в

атмосфере очень ограничено, в то время как единственным неорганическим источником, из которого оно может быть восстановлено, по-видимому, является вулканическая активность: это вещество также имеет тенденцию исчезать. Следовательно, наступит время, когда растительная жизнь на земле перестанет быть возможной из-за исчезновения материалов, от которых она зависит; но пока она существовала, ее результатом было бы накопление химических соединений с высокой потенциальной энергией. Результатом метаболизма растения является образование таких соединений, как целлюлоза из древесных тканей и опадающих листьев, других растительных углеводов, масел и смол, а также белков. В отсутствие бактерий такие вещества сохранялись бы неизменными: даже в земле, населенной бактериями, такие продукты, как масла, бурый уголь, торф, каменный уголь и т.д., были способны накапливаться на протяжении всего геологического времени. Таким образом, растительная жизнь имеет тенденцию к накоплению соединений с высокой потенциальной энергией, и этот процесс также необратим.

Бактериальная активность сама по себе сделала бы возможным продолжение растительной жизни на земле. Важнейшими характеристиками этих организмов являются их способность вызывать самые разнообразные преобразования энергии. С нашей нынешней точки зрения бактерии можно разделить на паратрофные, метатрофные и прототрофные формы. Паратрофные бактерии - это те, которые живут как паразиты в живых тканях растений и животных: этот образ жизни обязателен, и эти организмы не могут жить на открытом воздухе. Результатом их деятельности является расщепление протоплазматического вещества. Метатрофные бактерии - это те, которые производят гниение и ферментацию органических соединений. По своему образу жизни они могут быть паразитами, но большинство из них обитают в почве, в воде, и в полостях тела животного — рту, пищеварительном канале, носу и влагалище. Белки разлагаются ими на простые химические соединения, такие как амидокислоты, а затем эти вещества вместе с углеводами ферментируются так, что в конечном итоге образуются вода, углекислота и соли азотной кислоты. Эти бактерии получают свою энергию за счет преобразования химических соединений с высокой потенциальной энергией в соединения с низкой потенциальной энергией. Прототрофные бактерии никогда не являются паразитами и не живут в полостях тел животных: они всегда обитают под открытым небом. Они еще больше усиливают действие гнилостных бактерий, превращая аммиак в азотистую кислоту, а азотистую кислоту - в азотную кислоту. Другие обращают вспять эту серию изменений, восстанавливая азотную кислоту до азотистой, азотистую кислоту до аммиака и аммиак до свободного азота. Другие снова окисляют сероводород до серной кислоты, другие гидрат железа до гидрата железа, в то время как недавно было показано, что некоторые бактерии, по-видимому, способны окислять углерод угля до угольной кислоты. Некоторые из них способны окислять свободный азот атмосферы в азотистую и азотнокислотную кислоты. Как именно получается энергия, необходимая для этих превращений, совершенно непонятно, и вполне возможно, что некоторые прототрофные бактерии получают свою энергию, используя нескоординированную кинетическую энергию среды, в которой они живут. С нашей точки зрения, конечным результатом деятельности преобладающих видов бактерий, населяющих землю, является то, что они *обращают* вспять процессы, которые являются проявлениями метаболизма растений и животных. Результатом метаболизма растений является накопление запасов высокопотенциальных соединений, таких как углеводы, и истощение наземных запасов углекислого газа и других материалов, необходимых для дальнейшего существования самих растений. Результатом метаболизма бактерий является разрушение этого накопления таких

соединений, как углеводы, и пополнение запасов углекислого газа и азотистых минеральных веществ, от которых зависит растение. При наличии бактерий жизненный процесс становится обратимым.

Таким образом, растительная и бактериальная жизнь дополняют друг друга, поскольку в целом энергетические процессы зеленого растения протекают в направлении, противоположном энергетическим процессам бактерий. Таким образом, органический мир, состоящий из зеленых растений и бактерий, был бы способен к постоянному существованию. Теперь, пока что, нам нужно рассматривать эти различные виды организмов только как живые протоплазматические субстанции, в которых происходят преобразования энергии различных типов. Бактерия - это просто клетка, содержащая ядро, а зеленое растение должно быть только клеткой с ядром, содержащей хлорофилловую пластиду: фактически, это все, что есть в случае с диатомовой водорослью или перидинией. Морфология зеленого растения является лишь вспомогательным элементом хлорофиллиевого аппарата. Пренебрегая репродуктивным аппаратом, высшее зеленое растение состоит в основном из хлорофиллиевых клеток в паренхиме листа, поскольку корни и устьица являются лишь органами для поглощения воды и минеральных солей из почвы и углекислого газа из атмосферы; в то время как ткани ствола, стебли и ветви являются, в основном, аппаратом для проведения этих исходных материалов по телу растения и, конечно, питательных веществ, в которые они превращаются. Все бесчисленные вариации формы растения (за исключением строения цветка или другого репродуктивного органа) являются приспособлениями, которые обеспечивают поглощение и распределение этих веществ; или для механической поддержки тела растения; или являются неадаптивными вариациями, так сказать, чистой роскошью.

Строение тела животного представляет собой нечто большее, но мы должны прежде всего рассмотреть точки различия между растением и животным, рассматриваемыми просто как аппарат, в котором происходят преобразования энергии. В зеленых растениях энергия накапливается в виде химических соединений с высоким потенциалом, но в животных энергия расходуется. Неорганические минеральные вещества превращаются растением в углеводы, белки и жиры или масло, но в организме животного углеводы, белки и жиры расщепляются на воду, углекислоту и мочевины (или какое-либо другое азотистое выделяемое вещество); а мочевина или другое аналогичное вещество расщепляется бактериями на нитраты, воду и диоксид углерода. Метаболическая активность животного называется “аналитической” или деструктивной, в то время как метаболическая активность растения называется “синтетической” или конструктивной, но эти контрастирующие термины вряд ли точно описывают сущностную природу деятельности двух видов организмов. Что еще составляет “животность”? Это *целенаправленная мобильность*, и происходящие энергетические преобразования являются средствами, посредством которых достигается эта мобильность. Растение по существу неподвижно, поскольку такие движения, как поворот листьев к свету, опускание корней вниз, поднятие стеблей вверх, обвивание усиков вокруг опорных предметов и раскрытие и смыкание цветков, являются всего лишь движениями частей растительного организма. Это постоянные, направленные реакции на внешние раздражители — настоящие тропизмы, — и распространение такого рода реакций на общее описание движений животных является лишь примером недостаточного анализа фактов. Таким образом, движения типичного зеленого растения - это движения его частей, их немного, они принадлежат к нескольким простым типам и вызываются простыми внешними физическими изменениями в среде. Движения типичного животного - это движения организма в целом; они

бесконечно разнообразны по своей природе; они вызываются индивидуальными стимулами и постоянно видоизменяются под влиянием опыта организма.

Структура тела животного является средством, с помощью которого достигается эта целенаправленная подвижность и направляются преобразования энергии; и чем больше и разнообразнее движения животного, тем сложнее его структура. В отношении способа, которым осуществляются преобразования энергии, то есть в отношении материальных средств, посредством которых энергия переходит из состояния высокого потенциала в состояние низкого потенциала, морфология животного аналогична морфологии растения, то есть преобразования энергии являются функциями ядерных клеток. Но в растении кинетическая энергия солнечного излучения переходит в потенциальную энергию химических соединений, которые накапливаются в организме растения; в то время как у животного потенциальная энергия проглоченных химических соединений переходит в кинетическую энергию движений самого животного. Как именно он движется, как используется эта кинетическая энергия, определяется сенсомоторной системой.

Именно наличие сенсомоторной системы делает животное животным. Что же тогда представляет собой сенсомоторная система? Это скелет и мышцы, то есть органы передвижения, агрессии, хватания и жевания; периферические сенсорные и двигательные нервы; и центральная нервная система или мозг. Скелет животного, будь то панцирь или экзоскелет ракообразного, или позвоночный столб, пояса конечностей и кости конечностей позвоночного, представляет собой жесткий и неподвижный ряд опор, к которым прикреплены мышцы. Органами передвижения являются, например, придатки ракообразных, крылья птицы или насекомого, хвост и плавники рыбы или конечности позвоночного. Органами агрессии являются нижние челюсти паука или мухи-кровососа, хелатные клешни краба или омара, челюсти рыбы или когти и зубы наземных позвоночных. Органы хватания и жевания в основном также являются органами агрессии. Все эти части состоят из модифицированных структур скелета, зубов, когтей и т.д., прикрепленных к мышцам, которые берут начало в жестких частях скелета. Когда мы говорим о движениях животного, мы говорим о движениях тех частей, которые мы упомянули; другие части действительно движутся — сердце пульсирует, легкие расширяются и сокращаются, а кровь и другие жидкости циркулируют по закрытым сосудам; но это движения частей животного, и они скорее сравнимы с теми движениями растительного организма, которые мы рассмотрели. Их не следует рассматривать как примеры подвижности животного в смысле тренировки его сенсомоторной системы.

Центральная и периферическая нервные системы, конечно, связаны с двигательной системой. Рецепторные органы, глаза, обонятельные, слуховые, тактильные органы чувств и так далее, являются средствами, с помощью которых на животное *влияют* изменения в окружающей среде — ему не обязательно осознавать, или становиться осведомленным, или воспринимать эти впечатления на своих рецепторных органах. Эти стимулы передаются по сенсорным, или афферентным, нервам в центральную нервную систему: это путь внутрь. Эффекторными нервными органами являются двигательные пластинки, то есть нервные структуры в мышцах, в которых заканчиваются нервы. Двигательные нервы - это выводящие пути, выходящие из центральной нервной системы.

Центральная нервная система, по сути, является органом интеграции деятельности всего организма. Это “вместилище множества синапсов” - описание, которое лучше, чем какое-либо

другое, применимо к морфологии мозга позвоночных животных. Мы уже рассматривали, что подразумевается под термином “рефлекторное действие”, это серия процессов, которые происходят, когда “рефлекторная дуга” становится функционально активной. Рефлекторная дуга состоит из (1) рецепторного органа, скажем, тактильной тельца в коже; (2) афферентного нервного волокна; (3) нервной клетки в головном или спинном мозге; (4) эфферентного нервного волокна; и (5) эффекторного нервного органа, скажем, двигательной пластинки в мышечном волокне. Серия процессов, участвующих в рефлекторном действии, состоит из стимуляции рецепторного органа, прохождения афферентного импульса в головной мозг или спинной мозг, прохождения импульса через ряд клеток в нервном центре, образующих синапс, передачи импульса по эфферентному нервному волокну в эффекторный орган в мышце и стимуляции последней к акту сокращения. Это чисто схематическое описание структур и процессов, образующих рефлекторное действие и дугу: в действительности путь как в центральную нервную систему, так и из нее прерывается снова и снова, и в каждом месте прерывания существуют альтернативные пути. Перебои происходят в синапсах. В синапсе нервный импульс проходит через древовидное сплетение тонких нервных веточек, на которые распадается волокно, в аналогичное древовидное сплетение, и эти два древовидных образования не находятся в фактическом физическом контакте: импульс перескакивает через промежуток. Во многих местах как в головном мозге, так и в спинном мозге имеются альтернативные синапсы, и в этих местах импульс может передаваться более чем в одном направлении.

Мозг и спинной мозг представляют собой коммутатор невообразимой сложности, так что эфферентный импульс, поступающий в него, скажем, от глаза, может передаваться по одному нервному пути за другим, так что он может воздействовать на любую мышцу всего тела. Это не вымысел: возможно, так оно и есть на самом деле. При нормальном дыхании центр в заднем полушарии стимулируется к ритмической активности присутствием углекислого газа в крови, и от него исходят эфферентные импульсы, которые стимулируют мышцы грудной стенки и диафрагмы. Но при страдании от асфиксии каждый мускул тела может быть стимулирован к активности в попытке ускорить насыщение крови кислородом, и это не спазматические движения мышц конечностей и т.д., а целенаправленные сокращения, имеющие своей целью увеличение поступления воздуха в легкие. Центральная нервная система, следовательно, является коммутатором - так учит механистическая физиология, пренебрегая какой-либо идеей о *операторе*. Но вся тенденция современных исследований состоит в том, чтобы показать, что каждое усиление специализации в эволюции высших животных увеличивает сложность этого нервного аппарата за счет увеличения числа альтернативных путей, по которым может пройти импульс, исходящий из любой точки тела, прежде чем он выйдет из головного или спинного мозга. И все же, несмотря на все это усложнение, у высших животных различные части центральной и периферической нервной системы все более и более интегрируются, так что в действиях животного все больше и больше проявляется организм *целом*, который действует.

Все остальные органы в теле животного — за исключением репродуктивного аппарата — являются вспомогательными для сенсомоторной системы. Пищеварительный канал и его железы растворяют проглоченные продукты питания; органы обмена веществ, то есть клетки стенки кишечника, печень и т.д., преобразуют эти проглоченные белки, жиры и углеводы пищи в белки, жиры и углеводы самого животного; сердце, кровеносные и лимфатические сосуды

доставляют этот пищевой материал к мышцам и нервным органам; органы дыхания поглощают кислород, который распределяется по всему телу с током крови; органы выделения, то есть легкие, кожа и почки, удаляют вредные вещества, такие как углекислота и мочевины или их предшественники; и целенаправленные изменения функционирования всех этих органов вызываются изменениями двигательной активности. Вокруг сенсомоторной системы строится вся остальная структура тела животного.

Что мы ясно видим в эволюции животного организма, так это прогрессирующее повышение активности сенсомоторной системы. *Животное становится все более и более подвижным.* Именно таким образом было достигнуто доминирование, и все направления структурной эволюции в прошлом, которые не имели тенденции в этом направлении, были неудачными, необратимыми эволюционными процессами. Большие размеры не преуспели в животном царстве, и поэтому гигантские рептилии и млекопитающие вторичного и третичного периодов вымерли. Защита от врагов путем создания кожного панциря не увенчалась успехом, и поэтому динозавры и другие вооруженные животные третичного века также вымерли. Превращение передних конечностей рептилии в крылья или ног млекопитающего в хлопушки не увенчалось успехом, потому что все остальное строение этих животных приспособилось к передвижению по суше, и изменение строения стало слишком глубоким, чтобы его можно было модифицировать: так что птеродактили исчезли, как исчезают и киты нашего времени. Только у птиц с легким костяком и оперением, с возможностью развития мощных грудных мышц, имелись неограниченные возможности для полета; и только у рыб, с сопутствующей эволюцией жабр, минимальным уменьшением массы пищеварительного канала и его желез и превращением большинства мышц тела в органы, приводящие в действие хвостовой плавник, была реализована полнота адаптации к водной жизни. Подвижность, структура тела, способная к бесконечно разнообразным движениям, и нервная система, с помощью которой любая часть тела может быть связана с любой другой частью — вот структурные приспособления, которые были успешными как у членистоногих, так и у позвоночных.

По-видимому, существовало два основных типа строения, с помощью которых можно было достичь такой подвижности и эластичности, - тип членистоногих и тип позвоночных. По-видимому, нет особого выбора между ними, если бы нам пришлось выбрать один из них, чтобы получить высококомбинированный органический механизм. Членистоногие и позвоночные кажутся одинаково сложными, если мы примем во внимание разницу в размерах и дополнительные телесные механизмы, которые должен включать большой размер. Безусловно, мускулатура позвоночных более сложная, чем у членистоногих. Но больший вес должен требовать более крупных и мощных мышц, если мы хотим достичь той же степени подвижности относительно размера животного, и эта более сложная мускулатура должна нести с собой более сложный мозг. Он также должен сочетаться с более массивным скелетом, поскольку в механизме должны присутствовать жесткие опоры для мышц. Почему здесь нет крупных насекомых или ракообразных? Мистер Уэллс предположил в одном из своих романов о грозности осы длиной в два фута! Такое существо действительно было бы более ужасным, чем любая известная нам хищная птица, если бы его деятельность была аналогична деятельности известных нам ос, точно так же, как веслоногий моллюск размером с акулу был бы более грозным животным, чем рыба. Представляется возможным, что причину меньшего размера Позвоночного следует искать в природе скелета. Мощные мышцы потребовали бы очень прочного и толстого панциря, и это привело бы к тому, что у очень крупного насекомого или ракообразного была бы такая масса, для быстрой транспортировки которой потребовалось бы слишком много энергии.

Жесткий экзоскелет, подобный экзоскелету членистоногого, также означает, что рост должен происходить за счет процесса шелушения, то есть животное растет только в те периоды, когда оно сбрасывает панцирь; и необходимость этого процесса шелушения должна быть огромным недостатком в случае очень крупного животного, если это вообще возможно. Таким образом, членистоное, у которого развивается экзоскелет, должно оставаться маленьким, и эта малость, к счастью для Позвоночного, сделала его менее грозным животным. То, что у членистоногих развился экзоскелет вместо эндоскелета, было эволюционной случайностью.

Несомненно, внутренний скелет позвоночных с его легкими, полыми, ребристыми костями был механически лучшим средством для прикрепления мышц. Это сделало возможной большую степень свободы движений частей тела, большее разнообразие и пластичность действий, и это в некоторой степени устранило ограничение размера и смущающую прерывистость роста при экземе со всеми опасностями, которые это влечет. Прежде всего, это привело к усложнению центральной нервной системы, поскольку это стало связано с увеличением разнообразия движений тела.

Таким образом, в эволюции доминирующих групп организмов мы видим развитие нескольких тенденций. Во-первых, та тенденция, которая, по-видимому, представляет наибольший контраст с универсальной тенденцией, проявляющейся в неорганических процессах, - рассеивание энергии. Растительный организм - это, по сути, система, в которой энергия накапливается в потенциальной форме. Затем, в животном царстве мы видим, что главной тенденцией эволюции было развитие систем, в которых энергия расходовалась на бесконечно разнообразные движения. При поверхностном рассмотрении может показаться, что при животном способе метаболизма энергия рассеивается так же, как и в неорганических процессах; и это вывод, к которому мы должны были бы прийти, если бы рассматривали действия и результаты действий только низших животных, то есть животных, стоящих ниже человека. Мы вернемся к этому вопросу позже, а пока следует отметить, что фундаментальное разделение организмов основано на их деятельности как преобразователей энергии, то есть на растения и животных. Внутри каждого из этих царств организмов произошла структурная эволюция: одноклеточное зеленое растение эволюционировало по очень многочисленным линиям, каждая из которых характеризовалась различным типом морфологического строения. Одноклеточные животные также эволюционировали аналогичным образом, в результате чего сформировался нынешний тип. Рассматривая эти большие группы животных, мы видим, что две из них достигли доминирования благодаря развитию сенсомоторной системы по разным направлениям. Здесь мы видим еще одно фундаментальное различие между растительным и животным организмами, но такое, которое является следствием различия, существующего между двумя царствами в отношении осуществляемых ими энергетических преобразований. Растение характеризуется неподвижностью, животное - подвижностью.

Неподвижность подразумевает бессознательность, сознание подвижности, и это физическое различие является третьим, которое мы можем установить между растением и животным. В настоящее время лишь немногие физиологи, вероятно, примут это различие как имеющее какое-либо реальное объективное значение. Сознание - это не концепция, с которой следует иметь дело в каком-либо процессе рассуждения, это даже не нечто ощущаемое в том смысле, в каком мы говорим о чувствах боли, света или голода: все это состояния нашего сознания. Разница в нас самих, говорит Лэдд, когда мы погружены в крепкий сон без сновидений и когда мы полностью бодрствуем, *это* и есть сознание. Если мы рассуждаем об организмах и их

деятельности так же, как мы рассуждаем о неорганических вещах, мы не имеем права говорить о сознании, поскольку вне нашего собственного Эго оно не существует. Действующее животное - это всего лишь тело или система тел, движущихся в природе, и все его действия должны описываться системой обобщенных координат силы и положения относительно некоторой произвольно выбранной точки пространства. “Это животное-механизм,” говорит зоолог, пишущий об инстинкте, “которое я называю своей женой, демонстрирует определенные искажения лица и издает определенные членораздельные звуки, которые соответствуют тем, которые издаю я, когда у меня болит голова, но я не имею права говорить, что у нее болит голова”. Аргумент такого рода, по-видимому, не может быть опровергнут, за исключением, возможно, внутренних конфликтов, которые он обычно вызывал бы, если бы применялся в подобных случаях, подобных приведенному. При описании природы методами и символикой науки мы видим только системы молекул в движении, и в тех системах, которые мы описываем как организмы, движения лишь более сложные, чем в неорганических системах. Таков научный метод, столь же неопровержимый при изучении организма, сколь мы знаем, что он ложен. Действительный в чистом умозрении в соответствии с методами интеллекта, он, тем не менее, был бы абсурдным в повседневных делах обычной цивилизованной жизни, и ученый, который применяет его в своих работах, тем не менее, колебался бы применять его в делах своего собственного дома.

Мы должны признать, что наше знание о том, что другие существа, подобные нам, а также животные, более низкие по организации, чем мы, являются сознательно действующими организмами, является интуитивным знанием, достижимым благодаря общности организации: наше интуитивное знание поведения и чувств наших собственных братьев и сестер больше, чем наше знание о других мужчинах и женщинах; и мы можем с помощью интуиции поместить себя в сознание разумной собаки в большей степени, чем в случае с другими животными. Это знание о сознании других животных не является научным знанием, и оно недостижимо и недоказуемо рассуждениями или методами научного наблюдения. Это убеждение само по себе не поддается анализу или доказательству, но все же это убеждение, на котором мы уверенно основываем большую часть наших отношений с ближними и которое оправдывается нашим опытом.

Тем не менее, это научная гипотеза, имеющая почти такую же обоснованность, как и многие другие научные гипотезы. Мы не можем заставить себя усомниться в том, что другие мужчины и женщины являются сознательно действующими организмами, как бы невозможно ни было привести научное обоснование той веры, которая есть в нас. Мы не можем сомневаться в том, что стрелка компаса, которая “реагирует” поворотом того или иного своего полюса в нашу сторону в зависимости от того, как мы продвигаем вперед тот или иной полюс магнита, является бессознательным куском металла, хотя мы не можем сказать, почему это убеждение обладает такой убедительностью. От этого до движений типичного зеленого растения всего один шаг. Поворот зеленого листа к источнику света или нисходящее движение корня в почву - это реакции на внешние раздражители, которые в большей степени демонстрируют неизбежность реакции магнита. Это “тропизмы”: лист растения вынужден поворачиваться к свету так, чтобы последний касался его поверхности перпендикулярно, а корень должен расти вниз, потому что сила тяжести действует по вертикальным линиям. Но предположим, что рефлекторные действия тропистичны: предположим, например, что мотылек обязан залететь на пламя свечи, потому что свет одинаково стимулирует обе стороны его тела, и это ориентирует

его и направляет в направлении, откуда исходит стимул. Сложные действия у высших животных, с этой точки зрения, представляют собой цепочки рефлексов, и действие должно быть бессознательным и неизбежным, точно так же, как вращение магнита или зеленого листа являются бессознательными движениями. Следовательно, действия наших собратьев бессознательны и автоматичны - вывод, к которому подталкивает нас вся тенденция механистической физиологии. И все же мы знаем, что этот вывод не может быть верным.

Между обязательной реакцией стрелки компаса на магнит или аналогичным гелиотропизмом и геотропизмом растительного организма и бесконечно изменчивыми реакциями высших животных на изменения в окружающей среде должно возникнуть сознание. Оно отсутствует в неорганической системе и типичном зеленом растении; оно тусклое у малоподвижных морских анемонов или моллюсков; оно становится ярче у свободно передвигающихся членистоногих или рыб; и наиболее интенсивно у человека. Следует признать, что это всего лишь вера, но, принимая ее как таковую, мы можем попытаться поддержать ее, показав параллелизм этапов структурной сложности и действий. Сенсомоторная система отсутствует у зеленого растения; у морской анемоны она предельно проста; и она рудиментарна или рудиментарна у малоподвижного моллюска. Это становится более сложным у членистоногих или рыб, и в наибольшей степени развито у нас самих. Если мы теперь исследуем наши собственные ментальные состояния с соответствующими им условиями физической активности, мы увидим настолько ясно, насколько это возможно, что наше сознание растет и убывает вместе с нашей деятельностью. Оно отсутствует при нормальном сне, когда физическая активность в реальном смысле почти полностью прекращается, когда кора головного мозга становится неактивной и когда единственными выполняемыми движениями являются те действительно автоматические части тела, которые аналогичны движениям растительного организма. Такими движениями являются ритмичные движения сердца и легких, движения крови и так далее, в общем, движения, ведущие к конструктивному метаболизму. Осознанность наиболее интенсивна в сложных незнакомых действиях: мальчик учится грести; ребенок разучивает гаммы на пианино или перебирает пальцы на скрипке; инженер собирает вместе детали новой машины; или художник работает над картиной. В каждом из этих случаев работник остро осознает, обдумывая свои собственные телесные действия. Но с привычным выполнением этих движений и с легкостью, с которой они выполняются, сознание того, что они выполняются, исчезает, превращаясь в ничто.

Что это означает, как не то, что степени осознанности параллельны степеням сложности обдуманных и целенаправленных телесных движений или действий? Другие степени сознания также параллельны попытке организма выполнить эти действия. Что такое боль, наиболее остро ощущаемое из всех наших психических состояний? По словам Бергсона, это осознание постоянных и безуспешных усилий тканей целенаправленно реагировать на постоянно возобновляющийся стимул. Но для выполнения сложных действий требуются системы скелетных и мышечных частей, способных двигаться самыми разнообразными способами, и система афферентных и выводящих нервов со всеми их связями в центральной нервной системе, то есть сенсомоторная система. Следовательно, точно так же, как сенсомоторная система более или менее сложна, так и сознание в целом более или менее обострено.

Однако в одном и том же организме сознание тем более или менее обострено, что действия, которые он выполняет, более или менее знакомы. Пианист, играющий гаммы в качестве упражнения, выполняет самые сложные движения рук и запястий бессознательно и без усилий,

но для того, чтобы впервые сыграть незнакомое произведение без ошибок, требуется высочайшее внимание. Девушка, которая считает листы бумаги, поступающие из машинки, берет пригоршню в одну руку и пропускает по отдельному листу между каждыми двумя пальцами другой руки, повторяя эту сложнейшую операцию с большой скоростью и точно пересчитывая пригоршни листов, при этом намеренно думая и говоря о чем-то другом. В начале ее работы эти действия выполнялись неуклюже, и легкость достигалась только при постоянном внимании к движениям рук, но с опытом они становятся выполняться неосознанно. Сложные движения тела, конечностей и пальцев, включающие скоординированную деятельность многочисленных мышц, нервов и нервных центров, выполняются сначала только после высокой степени сознательного усилия, но с каждым повторением серии движений животное перестает осознавать их или, по крайней мере, их сложность. У высших животных есть, следовательно, две категории действий: (1) те незнакомые действия, которые *трудны* при выполнении которых животное осознает сложную мышечную деятельность; и (2) те привычные действия, которые стали *легкими* благодаря повторению и выполнение которых не требует сознательных усилий. Анализ нашей собственной деятельности выявляет эти две категории действий, и у нас нет никаких сомнений в том, что высшие животные испытывают те же чувства трудности и усилия в одном случае и недостатка сознательных усилий в другом.

Это различие относится к числу тех, которые отделяют инстинктивную деятельность от разумной. Сейчас мы не решаемся приступить к обсуждению этого вызывающего много споров вопроса о различии между инстинктом и интеллектом: после прочтения многого из того, что было сказано о природе этого различия, возникает неприятное впечатление, что время для его обсуждения еще не пришло и что эта проблема по-прежнему остается в гораздо большей степени для натуралиста, чем для психолога. По-прежнему срочно требуются надежные данные. Тем не менее, это вопрос, который мы не можем не рассмотреть. Типичное растение отличается от типичного животного тем, что сенсомоторная система была развита у одного, но не у другого; и у животных, у которых эта система развита в высокой степени, виды деятельности, связанные с ее осуществлением, различаются по своей форме. Действия по стереотипному образцу характеризуют поведение высших беспозвоночных, в то время как у высших позвоночных все, что мы видим, указывает на то, что поведение является результатом обдумывания и что выполняемые действия не являются стереотипными, а бесконечно различаются по своим образцам. Точно так же, как различия в морфологии отличают членистоногих от позвоночных, различия в способе деятельности сенсомоторной системы обозначают расходящиеся линии эволюции, достигающие кульминации в перепончатокрылом насекомом, с одной стороны, и в Человеке - с другой.

В чем существенная разница между действием, совершаемым инстинктивно, и действием, совершаемым разумно? Дело не в том, что животное не осознает свою активность в первом случае и не осознает во втором; как бы мы ни были склонны "объяснять" органическую активность в терминах неорганических реакций, мы на самом деле не верим, что инстинктивно действующая оса является чистым автоматом, хотя и допускаем, что школьница остро осознает свои собственные разнообразные действия. Дело не в том, что инстинктивное действие демонстрирует "завершенность" или совершенство техники, которой недостает обдуманному действию: гребень, созданный осой, в своем роде не более совершенен, чем дверной проем, построенный опытным каменщиком, или "петлицы", сшитые швеей. Дело не в том, что инстинктивные действия настолько уж стереотипны, как иногда предполагается, в то время как разумные действия становятся более совершенными в своем результате благодаря

повторению: работа насекомого или птицы часто ошибочна, и она совершенствуется практикой. Наиболее очевидное различие заключается в том, что инстинктивное действие *эффективно* при самом первом его выполнении, в то время как разумное действие становится эффективным только после того, как оно было предпринято несколько или очень много раз, в зависимости от его сложности. Полет молодой ласточки эффективен в той мере, в какой он поддерживает птицу в воздухе, но это также чрезвычайно сложная серия мышечных усилий, которые поначалу выполняются неуклюже и которые становятся более совершенными при повторении. Но полет самолета, даже сейчас, после многих лет экспериментов, не всегда эффективен и в лучшем случае демонстрирует все несовершенства полета молодой ласточки. И все же можем ли мы сомневаться в том, что со временем он проявит всю легкость, уверенность и завершенность полета птицы?

Типичное разумно выполняемое действие - это действие *инструмента* или части тела, которая используется для какой-либо иной цели, отличной от той, на которую указывает его непосредственная эволюционная история или его предыдущее использование. Типичным инстинктивно выполняемым действием всегда является действие органа тела, структура и непосредственная эволюционная история которого указывают на то, что он возник как приспособление для выполнения этих конкретных действий или категории действий. Здесь нам кажется, что мы находим различие между двумя видами телесной активности; и это различие зависит в своей обоснованности от наших представлений о том, что такое инструмент. Орудие труда, сделанное человеком, - это кусок инертной материи, изготовленный для того, чтобы его можно было использовать для определенной заранее определенной цели. Он существует как определенный специфический объект *помимо его использования*; и его использование человеком, создавшим его, и его существование в природе - это две разные вещи. Его использование должно быть *узнали*, и результаты его применения становятся более совершенными с каждым повторением его использования. Но мандибулы насекомого - это орудия, целенаправленно приспособленные для какого-то действия или серии действий, точно так же, как клещи кузнеца приспособлены для этого. Однако это орудия, которые являются частью организации животного, использующего их, — организованные инструменты, — и не кажется, что мы должны думать о них, их форме и природе, как о чем-то отдельном от их использования. Должны ли мы думать, что животное должно *учиться* пользоваться какой-либо частью своего тела? Если это так, то проблема инстинкта остается с нами во всей своей исторической неясности. Но если мы думаем о существовании телесного инструмента как о чем-то неотделимом от функционирования инструмента, проблема становится менее неясной, или, по крайней мере, ее можно сформулировать в терминах некоторых других проблем, которые мы уже рассматривали.

На самом деле мы думаем о частях тела или органах как о материальных структурах совершенно независимо от рассмотрения их функций: это различие между морфологией и физиологией — совершенно искусственное. Животное для морфолога - это комплекс скелета, мышц, нервов, желез и так далее; и не имеет значения, содержится ли оно в банке с метилированным спиртом или бежит по клетке. Для физиолога это “нечто происходящее”; но разве на самом деле это не и то, и другое, и не являются ли структура и функционирование всего лишь двумя удобными, но произвольными аспектами, с которых мы рассматриваем организм? Мы не должны думать о диафрагме и легких отдельно от движений этих органов, и мы не говорим, что первый вдох, производимый новорожденным млекопитающим, является инстинктивным действием, включающим использование врожденных телесных инструментов — диафрагмы, легких и т.д.

Мы не должны думать о губах, ротовой полости и глотке маленького ребенка отдельно от сосания груди его матери, но обычно мы говорим, что это действие является инстинктивным. Где заканчивается обычное функционирование органа и начинается его инстинктивное функционирование? Являются ли мышечные действия омара, когда он освобождает свое тело и придатки от панциря во время акта экстази, инстинктивными? Большинство зоологов сказали бы, что это не так, так же как движения челюстоногих при дыхании являются инстинктивными, и все же они, вероятно, без колебаний заявили бы, что действие “мягкого” омара, заползающего в расщелину скалы, является инстинктивным. Действительно ли маленький ребенок “учится” ходить? Более вероятно, что действия при ходьбе являются потенциальными в его конечностях и что они становятся реальными, когда устанавливаются все связи нервных путей и центров в его головном и спинном мозге. В чем разница между приобретением способности ходить и писать? Последние серии действий представляют собой незнакомые комбинации нервной и мышечной деятельности, которые не являются частью организации маленького ребенка; в то время как первые являются просто результатом полного функционального развития определенного нервного и мышечного аппарата.

Таким образом, кажется трудным ясно выразить, в чем заключается существенное различие между инстинктивным и разумным поведением; и, несомненно, дело в том, что аргументированных экспериментов и наблюдений все еще слишком мало, чтобы мы могли делать обоснованные выводы. Но, безусловно, кажется, что мы должны думать об инстинктивных действиях как о развившихся одновременно со структурой органов, которые их осуществляют: это те *наследуемые адаптации поведения*, которые связаны с наследуемыми адаптациями структуры — фактически это то же самое, что и они. Выполняя их, инстинктивно действующее животное, несомненно, осознает свою собственную активность, но мы должны думать, что это осознание имеет во многом ту же природу, что и наше осознание автоматической деятельности наших собственных тел — ритмичной деятельности сердца и органов дыхания или действий наших рук и ног при ходьбе, например. Это знание врожденной способности организмов использовать врожденный телесный инструмент.

В интеллектуальном действии мы, безусловно, видим нечто отличное от этого. Орган или органная система, выполняющая такое действие, функционирует способом, отличным от того, для которого он был развит: действие представляет собой сознательную адаптацию органа к какой-либо новой для него форме деятельности, и это приобретение активности, по-видимому, не передается по наследству - по крайней мере, оно не передается по наследству в том смысле, в каком мы говорим о ненаследуемых приобретенных признаках. Пока оно приобретается, оно сопровождается сознанием, которое является совещательным и отличается от того осознания своей собственной активности, которое сопровождает действия инстинктивного животного, — знанием того, что оно действует эффективным образом. Не похоже, что животное, действуя таким образом, осознает связь телесного инструмента с объектом, на который оно воздействует. Но интеллект, по-видимому, подразумевает нечто большее: он подразумевает знание организмом того, что некоторые части его тела имеют определенные отношения к частям окружающей среды, на которые они воздействуют, и что эти отношения изменчивы и могут быть объектами сознательного выбора.

ГЛАВА VIII ОРГАНИЧЕСКОЕ И НЕОРГАНИЧЕСКОЕ

Удобно, что мы должны выражать результаты биологических исследований в схемах классификации, поскольку только таким образом мы можем привести кажущийся хаос встречающихся в природе органических веществ к порядку и изложить наши знания таким образом, чтобы их можно было легко передать другим. Но мы всегда должны помнить, что классификации систематической биологии представляют собой концептуальные схемы, точный характер которых зависит от точки зрения их авторов. Четких различий, которые, по-видимому, отделяют тип от типа, класс от класса, порядок от порядка и так далее, на самом деле не существует. В природе не существует таких категорий организмов, как роды, семейства и высшие группировки. Все, о чем мы можем сказать, что они существуют естественным образом, - это виды, поскольку все организмы, составляющие каждую из этих групп, связаны между собой кровными узами, и все они изолированы от организмов, составляющих другие виды, физиологическими различиями, которые делают растения или животных одного вида бесплодными по отношению к растениям или животным любого другого вида. Таково, несомненно, было бы мнение большинства ботаников и зоологов до работы де Фриза, но теперь мы должны признать, что систематические, или линнеевские, виды девятнадцатого века были такой же искусственной категорией, как и роды и семейства. Таким образом, наше систематическое деление растений и животных на виды и высшие группировки являются удобными способами обозначения результатов морфологических и физиологических исследований, хотя они также указывают на основные направления эволюционного процесса, но способ, которым они изложены в таксономических схемах, всегда более или менее формален.

Нет абсолютных различий между группами, даже между животными и растениями. Например, в морфологии диатомовых водорослей нет ничего, что указывало бы на их принадлежность к растительному царству, а в морфологии радиолярий - на то, что это животное. Перидинии - это либо растения, либо животные в соответствии с общим аргументом, либо с точкой зрения автора, который пишет о них. Даже изучение энергетических преобразований, которые осуществляются в живом веществе этих низших организмов, не позволяет провести абсолютного различия: синтетические метаболические процессы, при которых энергия переходит в потенциальное состояние, могут осуществляться у животных, в то время как многие растения — например, сапрофитные грибы или насекомоядные растения — могут производить аналитические энергетические преобразования, по существу, той же природы, что и те, которые проявляются при типичном способе метаболизма животных. Подвижность и обладание сенсомоторной системой не позволяют провести четкую границу между растениями и животными. У типичного животного потенциальная энергия переходит в состояние кинетической энергии, и эта кинетическая энергия направляется сенсомоторной системой. Но некоторые низшие одноклеточные растения подвижны, и они обладают зачатками сенсомоторной системы в виде жгутиков, с помощью которых осуществляются их движения. С другой стороны, сенсомоторная система стала рудиментарной у многих паразитов животных - например, у ракообразного *Sacculina*, которое паразитирует на некоторых крабах. Обладание сознанием, в той мере, в какой мы можем сказать, что им обладают другие животные, кроме нас

самих, не является различием между двумя царствами жизни. Сознание, оцениваемое по степени развития моторики, должно предполагаться отсутствующим или очень смутным в крайних случаях паразитизма, достигаемых некоторыми животными; с другой стороны, мы можем предположить, что оно присутствует, по крайней мере в некоторой степени, у высокоподвижных зооспор водорослей. Таким образом, некоторые низшие организмы, перидинии и споры водорослей, проявляют все признаки, которые мы используем при отделении животных от растений, — хлорофиллиевый аппарат, посредством которого кинетическая энергия солнечного излучения преобразуется в потенциальную энергию органических химических соединений; аппарат рецепторных и подвижных органов, посредством которого потенциальная энергия накопленных химических соединений переходит в кинетическую энергию движений тела; и существование (насколько мы можем сказать, что оно существует у организмов, отличных от нас) некоторой степени сознания.

Также и те морфологические схемы, которые мы конструируем для диагностики типов, или классов, или отрядов и т.д., не отделяют эти группы друг от друга так четко и недвусмысленно, как предполагают наши классификации. Например, может показаться, что наличие или отсутствие хорды резко отличает позвоночных от беспозвоночных, но структуры, которые в своем развитии указывают на истинный хордовый скелет типичного позвоночного животного, прослеживаются у животных, которые проявляют мало или вообще не проявляют ни одного из признаков, которые мы рассматриваем как диагностические для позвоночного. Типичные членистоногие и типичные позвоночные, по-видимому, отличаются друг от друга, но вымершие остракодермы силурийского периода, *возможно*, были животными, которые обладали внутренним осевым скелетом и которые также были вооружены тяжелым кожным экзоскелетом. Весьма правдоподобна гипотеза о том, что они действительно были членистоногими, с другой стороны, их обычно считают позвоночными. То же самое и с большинством других типов: морфологических признаков, которые абсолютно отличают одну группу от других, действительно очень мало, и небольшие присоединенные группы, которые лежат в основе этих более крупных групп, могут представлять один или другой из признаков нескольких типов. Рассматривая морфологию животного царства в общих чертах, действительно видно, что определенный структурный план характерен для организмов, принадлежащих к каждому из больших типов, в то время как можно сказать, что более подробные структурные планы характерны для подгрупп. Но тщательное морфологическое и эмбриологическое исследование практически сводит на нет признаки, которые являются абсолютно диагностическими для этих различных групп.

Поведение животных не в большей степени, чем природа энергетических преобразований и существенная морфология, дает нам возможность проводить абсолютные различия между группами. По-настоящему тропическое поведение проявляется в движениях стеблей, корней и листьев зеленых растений или в движениях бактерий и, возможно, некоторых одноклеточных животных. Типично инстинктивное поведение демонстрируют особи сообществ насекомых и многие одиночные животные, принадлежащие к этому классу; и типично разумное поведение проявляется в действиях высших млекопитающих. И все же, несомненно, в поведении Человека есть многое по-настоящему инстинктивное, и нечто той же природы, что и его интеллект, по-видимому, присуще инстинктивно действующему млекопитающему или насекомому: как еще инстинктивное действие могло бы стать способным к совершенствованию? Мы не можем сомневаться в том, что интеллект проявляется у собаки или во многом другом, что мы видим в поведении муравьев. Невозможно установить никаких жестких различий между тропизмами, о

которых мы упоминали выше, и рефлексам, которые можно считать составляющими инстинктивное поведение. Тщательный анализ, подобный тому, который Дженнингс провел над плавательными движениями простейших, оставляет нас в полном сомнении относительно того, как эти способы поведения наиболее точно следует описать; и все противоречия относительно природы тропизмов, рефлексов, инстинкта и интеллекта, несомненно, указывают на то, что у этих способов поведения есть нечто общее для всех них, и что нельзя сказать, что какое-либо четкое различие отделяет один от другого. Даже те психические процессы, которые мы называем интеллектуальными, по-видимому, не отличаются по своему характеру от тех, которые мы приписываем низшим животным: простейшие *паразиты*, изученные Дженнингсом, или крабы, ракообразные и морские звезды, изученные Йерксом и другими, действительно *учатся* выполнять действия, но это обучение, как говорят, является результатом процесса “проб и ошибок”. Животное пробует одну серию движений и обнаруживает, что она терпит неудачу, пробует другую и еще одну с аналогичным результатом, и в конце концов находит то, которое оказывается эффективным. Это запоминается, и когда та же проблема снова встает перед животным, она решается после меньшего количества попыток, и, наконец, после опыта конечный результат достигается сразу без предварительных попыток. Итак, многие из того, что мы называем истинно интеллектуальными процессами, безусловно, являются процессами именно такой природы. Гипотеза за гипотезой *приходит* в голову ученому (или детективу, или инженеру, столкнувшемуся с какой-либо исключительной трудностью), и одна за другой проверяется фактическим испытанием или процессом рассуждения (который на самом деле является быстрым и формальным возобновлением предыдущего опыта), пока не будет найдена гипотеза, поддающаяся проверке, или *априори* поддающаяся проверке. Что такое, например, наши математические методы интегрирования функции или вычисления суммы с большим делением, как не методы научного “угадывания” и проверки выдвинутых таким образом гипотез? Они действительно являются примерами метода проб и ошибок, применяемого низшими животными.

Все вышесказанное равносильно утверждению, что у животных и растений существует общность энергетических процессов, морфологии и поведения. “Протоплазма” - это один и тот же химический агрегат, независимо от того, содержится ли он в клетках животных или растений. Клетка с ее ядром, цветовой архитектурой, клеточными включениями и клеточной стенкой, по существу, имеет одинаковую структуру у всех организмов. Сложный и специализированный процесс ядерного деления при росте ткани или серия событий, составляющих акты оплодотворения яйцеклетки или ее растительного аналога, одинаковы во всем органическом мире. Сенсомоторная система — рецепторный орган, нервное волокно и клетка, а также эффекторно-моторный орган - одинакова во всем животном мире. Пищеварительный канал и железы, ферменты, выделительные каналы, сократительный кровеносно—сосудистый аппарат - все это структуры, которые функционально одинаковы, которые построены по существу на одном и том же морфологическом плане. Жизнь, будь то жизнь растений или животных, использует одни и те же материальные средства для сохранения себя на земле и предотвращения скатывания материи к полной инерции.

Абсолютных различий, таких как различия между атомами водорода и кислорода, или между точкой и прямой линией, или между покоем и движением, не существует между различными категориями сущностей, составляющих органический мир. И все же различия существуют, и должны ли мы заключить, что, поскольку эти различия не являются абсолютными, поскольку это различия степени, а не вида, они не существенны, они вообще не являются различиями?

Должны ли мы сказать, например, что, хотя животное является гораздо более эффективной машиной, чем газовый двигатель (в смысле эффективности, как ее понимает инженер), на самом деле между ними нет никакой разницы, что они оба являются термодинамическими механизмами, поскольку в обоих рассеивается энергия? Должны ли мы сказать, что, поскольку последние стадии образования мочевины в организме животных являются синтетическими, на самом деле нет никакой разницы между природой энергетических преобразований, происходящих в животном и растительном способах метаболизма? Должны ли мы сказать, что, поскольку собака иногда может действовать разумно, а человек - инстинктивно, психически они ведут себя одинаково? Несомненно, это равносильно утверждению, что, поскольку вещи не абсолютно различны, они одинаковы; и, несомненно, такой способ рассуждения порочен!

Что мы ясно видим в различных видах организмов — в метаболически созидательном растении и метаболически разрушительном животном; или в инстинктивно действующих членистоногих и разумно действующих млекопитающих - это прогрессивное развитие различных *тенденций*. Хотя зеленое растение по своей сути представляет собой ту же физико-химическую совокупность, что и животное, все же тенденция его эволюции заключалась в том, что оно все больше и больше приобретало привычку или способность использовать солнечную радиацию для соединения вместе углекислого газа, воды и азотистых неорганических солей с образованием белковых и углеводных веществ. С другой стороны, животное склонно все больше и больше поглощать своими тканями белки и углеводы, синтезируемые зеленым растением, а затем расщеплять эти вещества на углекислый газ и воду и все меньше и меньше осуществлять такой синтез, который осуществляется растением. Даже если кольчатый червь, членистоногое и Позвоночное были у истоков своих предков животными, которые были очень похожи друг на друга в морфологическом смысле; даже если существуют некоторые членистоногие, которые очень похожи на кольчатых червей, и некоторые кольчатые черви, которые очень легко можно представить трансформировавшимися в позвоночных, и некоторые вымершие членистоногие, которые, в конце концов, могли быть позвоночными, все же тенденции эволюции каждой из этих групп были очень разными. Все это время позвоночные имели тенденцию все больше и больше развивать жесткий осевой стержень или хорду, позже становящуюся сочлененным позвоночным столбом и мягким, податливым экзоскелетом; в то время как членистоногие имели тенденцию все больше и больше развивать жесткий экзоскелет и оставаться мягкими в его осевых частях. Даже если эти две тенденции, возможно, не были полностью осознаны, не так ли, что это действительно разные вещи? Таким образом, эволюционный процесс был, по своей сути, развитием, или развертыванием, изначально единой тенденции.

Что такое эволюционный процесс? Обычно его рассматривают как прогресс от органической простоты к органической сложности. Тем не менее, если мы думаем об этом как о физическом процессе, мы не можем сказать, что какая-то одна стадия является более простой или сложной, чем любая другая стадия. Давайте сравним органическую эволюцию с процессом неорганической эволюции, как, конечно, мы вынуждены будем сделать, если будем рассматривать первый процесс как физико-химический. Предположим, тогда, что небулярная гипотеза Канта и Лапласа верна — это не будет иметь никакого значения для наших аргументов, даже если эта гипотеза не верна, и ее легче понять, чем любую другую гипотезу планетной эволюции. Первоначально все материалы, составляющие нашу солнечную систему, существовали в форме газовой туманности, обладающей собственным медленным вращательным движением. Не имеет значения, что силикаты, карбонаты, оксиды и все другие

минеральные вещества, которые, как мы теперь знаем, существовали тогда в форме химических элементов или предшественников химических элементов: все материальные тела, присутствующие сейчас в солнечной системе, присутствовали в первоначальной туманности. Энергия этой туманности состояла из потенциальной энергии, представленной разделением атомов, которые позже объединились вместе, и из кинетической энергии движения этих атомов; и этот материал и энергия вместе с другими космическими телами, излучающими ему энергию, и теми телами, получающими энергию, которую он терял из-за своего собственного излучения, составляли систему в том смысле, в каком этот термин используется физиками. Теперь, в процессе космической эволюции, эта система трансформировалась, потому что она постоянно теряла энергию из-за излучения. По мере охлаждения средняя длина свободного пробега его атомов и молекул становилась все меньше и меньше, и, наконец, произошла конденсация в жидкое, а затем в твердое состояние. Части туманности постоянно притягивались друг к другу, так что она становилась все меньше и меньше, в то время как ее вращательное движение становилось все больше. Наконец, в ее массе возникли механические деформации вследствие увеличения скорости вращения, и с образованием солнца, планет и спутников произошло разрушение. Усложнения системы не произошло. В любой момент времени его элементы, то есть составляющие его химические атомы и энергия этих атомов, были такими же, как и в любой другой момент времени. Тепловая энергия, возможно, излучалась из одной части системы — нагретой туманности — в какую—то другую часть системы — другие космические тела поглощали это излучение, но общая энергия системы оставалась прежней. Химические атомы могли объединяться вместе, образуя молекулы и соединения, и энергия их положения могла становиться энергией движения, но конечные материалы оставались теми же самими. То, что произошло во время охлаждения и сжатия туманности, было перестановкой элементов системы, то есть атомов и их энергий. В любой момент времени состояние системы было неизбежным следствием состояния в момент, непосредственно предшествующий этому, и между этими двумя условиями существовала строгая функциональность в математическом смысле. На более поздней стадии это не было сложнее, чем на более ранней — просто отличалось. Стадии эволюции на самом деле были *фазами* в трансформирующейся системе материи и энергий.

Если мы решим рассматривать органическую эволюцию как аналогичный процесс физико-химической трансформации, мы также должны рассматривать совокупность жизни на нашей земле, со всеми неорганическими материалами, которые взаимодействуют с органическими вещами, и со всеми энергиями, космическими и земными, которые также взаимодействуют таким образом, как систему в физическом смысле. Теперь мы вынуждены думать об этой системе так же, как мы думали о космической, то есть мы должны постулировать, что между любыми двумя ее условиями существовала жесткая математическая функциональность, и что последнее условие неизбежно определялось первым. Мы должны думать о системе так, как будто она всегда состоит из одних и тех же элементов. В своем более позднем состоянии жизнь, возможно, проявилась в большей массе материальной субстанции, чем в более ранних условиях, но это увеличение массы было всего лишь увеличением одной части системы за счет другой части. Таким образом, во все времена структура системы была одинаковой, и различные стадии эволюционного процесса были всего лишь разными фазами, или расположением, одних и тех же элементов. Никогда органический мир не был более или менее сложным, чем в любое другое время. В своем “примитивном” состоянии *все было дано*.

Механистическая биология, конечно, без колебаний принимает такой взгляд на эволюционный процесс. “Лапласианский разум”, должно быть, был способен рассчитать, каким будет состояние системы на любой фазе, зная положения всех атомов или молекул в исходной туманности, а также скорости и направления движения всех этих атомов или молекул. Точно так же, как (в иллюстрации Хаксли) физик способен рассчитать, какова будет судьба дыхания человека в морозный день, так и лапласианский разум, должно быть, был способен предсказать фауну и флору мира в 1913 году на основе полного знания материальной природы и энергетических свойств туманности, из которой она возникла.

Поразмыслив, мы не можем не увидеть, к чему приводит нас такой взгляд на природу эволюционного процесса. Первобытный мир-туманность представлял собой систему частей, имевших протяженность в пространстве. Материально она состояла из атомов, изолированных друг от друга пространством, а энергетически она состояла из движений этих атомов и энергии их расположения друг относительно друга. Никакие два атома не могли занимать одно и то же пространство — они взаимно исключали друг друга: это то, что мы имеем в виду, говоря, что первоначальное - и любое другое — состояние системы было состоянием материальных вещей или элементов, протяженных в пространстве. Следовательно, если последовательно придерживаться физической аналогии, органическая система, претерпевающая эволюцию, была системой элементов, которые в любой момент были пространственно расширены. На самом деле это была система атомов или молекул, обладающих кинетической энергией движения или потенциальной энергией положения — молекул, которые лежали вне друг друга, и энергий, которые на самом деле были движениями или положениями этих молекул, и которые, следовательно, лежали вне друг друга в том же смысле.

Эволюция индивидуального организма должна быть процессом того же рода. Подобно космической и филогенетической эволюции, это, по-видимому, прогресс от простого к сложному. Крошечный фрагмент протоплазматического вещества, однородный по составу или кажущийся таковым, растет и дифференцируется, становясь сложной структурой взрослого организма. Здесь система в физическом смысле - это оплодотворенная яйцеклетка, кислород и питательные вещества, которые вошли в нее, и физическая среда, с которой эти вещества взаимодействуют. Все эти элементы существовали в той фазе системы, которая содержала среди своих частей оплодотворенную яйцеклетку, а также в той фазе, которая содержала полностью развитый организм. Сложный по сравнению с оплодотворенной яйцеклеткой и ее окружением, каким может показаться взрослое животное и его окружение, он представляет собой всего лишь другую фазу одной и той же системы. Далее, все части, образующие ткани взрослого человека, и все их движения протяжены в пространстве и представляют собой лишь перегруппировки молекул и движений молекул, которые фактически присутствовали в системе в ее начальной фазе. Спекуляции в этом направлении привели ко всем результатам вейсманизма. Все части взрослого организма действительно присутствуют в оплодотворенной яйцеклетке и питательном веществе, которое должно создать полностью развитое животное, причем, следует отметить, не потенциально, а фактически присутствуют в пространственно расширенном состоянии. Верно, что гипотеза требует, чтобы в яйцеклетке присутствовали только детерминанты взрослых органов и тканей, а также качеств взрослой особи; но поскольку энергии, необходимые для выделения этих детерминант, а также для их расположения и увеличения массы, также должны присутствовать на начальной фазе системы, очевидно, что гипотеза подразумевает, что вся материальная структура животного присутствует в пространственно расширенной форме на начальной фазе системы. Точно так же, как взрослое

животное представляет собой совокупность материальных частей и энергий, обладающих протяженностью, так и недифференцированный эмбрион и его материальное окружение представляют собой обширное многообразие. Мы не можем представить себе это иначе, если хотим сохранить механистический взгляд на развитие индивидуального организма.

Давайте подумаем о процессе органической эволюции по-другому, сравнив его с математическим процессом, посредством которого мы формируем перестановки и комбинации множества различных вещей. Индивидуальным развитием называется предположение о мозаичной структуре, то есть предполагается, что все части взрослого организма присутствуют в эмбрионе, но в каком-то “перемешанном” состоянии. По мере развития эти части сортируются и выстраиваются в закономерность, которая постоянно становится все более и более отчетливой. Следует предположить, что во многом тот же процесс упорядочивания и сегрегации происходил в процессе расовой эволюции: части “примитивной” жизненной субстанции со всеми частями физической среды, которые были объединены с ней в ходе ее эволюции, должны были стать сегрегированными и расположенными таким образом, чтобы сформировать существующие виды растений и животных. Таким образом, перестановка отдельных элементов, $b, c \rightarrow x, y, z$ — это расположение всех этих элементов: очевидно, существует очень большое количество способов расположения букв алфавита, $26!$ во всем. Но мы можем взять некоторые буквы и расположить их по-разному: выборки a, b, c, d могут быть расположены по $4!$ способы b, c, d, e , также из $4!$ способы и так далее. Таким образом, в процессе диссоциации и упорядочивания определенного числа элементов может быть получено очень большое количество различных вещей — вещей, которые состоят из пространственно протяженных элементов.

Группа вещей, $a, b, c, d \rightarrow x, y, z$, была обширным многообразием, поскольку она была сформирована путем сопоставления в пространстве отдельных единиц, из которых она состоит. И все же это унитарная вещь, поскольку она отличается от группы, $b, c, a \rightarrow x, y, z$. Это также множественность, поскольку она может быть преобразована в каждую из $26!$ перестановки и разбиты на выборки некоторых отдельных объектов, из которых он состоит, и на перестановки объектов, взятых в каждой из этих выборок. В некотором смысле эти механизмы существуют в группе $a, b, c \rightarrow x, y, z$, и все же сама группа не обладает никаким другим фактическим расширенным существованием, кроме группы вещей, которой она является. Это *интенсивная множественность или многообразие* в том смысле, что потенциальность всех механизмов существует в нем, но не в пространственно расширенном состоянии. Это множественность только тогда, когда мы связываем с ней ментальные операции, посредством которых мы постигаем ее диссоциацию и перегруппировку. Благодаря этим мыслительным операциям интенсивная множественность группы становится экстенсивной множественностью ее механизмов.

Это, по-видимому, единственный по-настоящему философский способ, с помощью которого мы можем попытаться представить себе процессы индивидуальной и расовой эволюции. “Примитивная” жизненная субстанция, или недифференцированная яйцеклетка, каждая из которых со своим окружением, представляла собой интенсивное многообразие, множественность различных вещей или качеств, которые сосуществовали и которые не были отделены друг от друга тем, что занимали разные участки пространства, но которые взаимопроникали друг в друга. Это представление о различных вещах, сосуществующих во времени, но занимающих одно и то же пространство, вовсе не является трудным. Наше

сознание - это такое многообразие состояний или качеств, все в одном. Идея группы фигур имеет для скульптора вполне реальное существование, и он может визуализировать ее почти со всей видимостью реальности, которой обладает настоящее материальное произведение скульптуры. В его представлении это реальное многообразное существование, которое, тем не менее, не занимает трехмерного пространства, заполняемого мрамором. Музыкальные ноты С, F, A, C, слышимые в арпеджио, - это вещи, которые обладают реальным существованием, но которые растянуты во времени, и когда мы думаем об этих отдельных звуках, мы помещаем их рядом друг с другом в нашем сознании в пустой, однородной среде, которая, кажется, и есть все, что мы считаем пространством. Тем не менее, одни и те же ноты, звучащие одновременно как аккорд, не являются продолжительными. Они проникают друг в друга, но все же это разные вещи, поскольку, услышав аккорд, мы можем распознать составляющие его ноты. Как арпеджио ноты представляют собой обширное многообразие, но как аккорд они представляют собой интенсивное многообразие.

Механистическая биология второй половины девятнадцатого века основывалась на методах и концепциях физики, и поэтому была вынуждена предположить, что многообразие "примитивной" жизненной субстанции — "Биофорид" Вейсмана и его последователей - или многообразие оплодотворенной яйцеклетки - было многообразием, имеющим пространственное распространение. Все системы, изучаемые физикой, представляли собой совокупности элементов или частей, которые имели такое протяжение: солнце с сопутствующими ему планетами и спутниками представляло собой систему тел, изолированных друг от друга в пространстве. Даже атмосфера или море, среды, которые нашим невооруженным чувствам кажутся однородными, на самом деле являются средами, состоящими из отдельных тел, или молекул, которые на самом деле не соприкасаются друг с другом, но отделены друг от друга пустым пространством. Химические соединения были совокупностями молекул, молекулы были совокупностями атомов, а сами атомы были либо простыми, либо состояли из корпускул или еще более мелких тел. Этот способ анализа был навязан человеческому разуму формальной логикой и геометрией, и это, по-видимому, был единственный метод обретения господства над природой. И все же существовали трудности, которые физики-философы ценили не меньше, чем авторы по формальной философии. Как могли тела, молекулы или атомы, которые были отделены друг от друга, воздействовать друг на друга? Молекула А могла бы воздействовать на молекулу В только в том случае, если бы между ними были какие-то частицы, которые могли бы передать импульс или притяжение, но тогда мы должны предположить, что между этими промежуточными частицами были другие и так далее *до бесконечности*, иначе как могло бы тело действовать, то есть реально существовать, там, где его не было? Другими словами, как может происходить действие на расстоянии? Как, например, атомы земли могут притягивать атомы Луны с силой, достаточной для разрыва стального троса диаметром 400 миль? Поэтому физикам пришлось изобрести космический эфир не только для объяснения межзвездной или межпланетной гравитации и других видов лучистой энергии, но и для объяснения взаимодействия атомов или молекул, составляющих химические соединения. В наши дни атомы перестали быть пределами разделения вещей: они состоят из электронов, но электроны - это сущности, отделенные друг от друга пустым пространством. Однако они не являются конечными пределами разделения материи, какими предполагались атомы в химии начала прошлого века, но рассматриваются как "сингулярности" во всеобщей сплошной среде, или эфире. Не имеет значения, что мы не в состоянии описать эфир в терминах наших прежних концепций материи и энергии, или, по

крайней мере, что мы можем описать его только таким образом, чтобы он был представлен отрицательными качествами: мы вынуждены постулировать его существование, чтобы избежать философской путаницы. Следовательно, Вселенная представляет собой континуум, и атом или любое другое тело существует везде, где оно может действовать. Атомы неподвижной звезды, находящиеся так далеко, что мы можем представить их расстояние только в миллиардах миль, тем не менее находятся на нашей земле, а также в точке пространства, которую мы считаем их астрономическим положением, поскольку излучаемый ими свет воздействует на нашу сетчатку. Вселенная является единой вещью в том смысле, что она представляет собой непрерывную среду или субстанцию в философском смысле, но она также является множественностью в том смысле, что сингулярности или условия этой среды пронизывают друг друга по всему пространству. Похоже, именно к таким выводам подталкивает нас более поздняя физика, и интересно поразмыслить, насколько иными могли бы быть биологические предположения, если бы они были сформулированы сейчас, а не полвека назад!

Почему вообще произошел процесс эволюции? Почему тенденции, которые могли сосуществовать и которые действительно в какой-то степени сосуществуют, стали отдельными друг от друга? Можно представить себе организм, который содержит хлорофилл и который, следовательно, мог бы синтезировать углеводы и белки из неорганических веществ, но который также мог бы содержать сенсомоторную систему и который, следовательно, мог бы расходовать полученную таким образом энергию на регулируемые движения. В определенной степени такие организмы, сочетающие растительный и животный способы метаболизма, действительно существуют среди протистов. Тем не менее, результатом эволюционного процесса было все большее и большее расхождение в способах метаболизма растений и животных, пока типичное животное не стало совершенно неспособным использовать углекислый газ и воду в качестве материалов для синтеза, в то время как типичное растение утратило всякую способность двигаться, за исключением тропических движений своих корней, листьев и стеблей. Инстинктивное и разумное поведение сосуществуют у многих животных, однако склонность человека, самого высокоинтеллектуального из всех, все больше и больше заключается в том, чтобы действовать интеллектуально; в то время как противоположная тенденция, то есть действовать инстинктивно, развилась у перепончатокрылых. Кажется, что такие противоположные методы преобразования энергии или действия несовместимы друг с другом, и все же ясно, что на самом деле они не несовместимы, поскольку могут сосуществовать. Но кажется очевидным, что каждая из этих противоположных тенденций не может проявиться в полной мере, если ей сопутствует другая. Иными словами, жизнь ограничена в своей власти над инертной материей. Проявляясь в одном и том же материальном созвездии, оно не может одновременно использовать солнечное излучение для создания веществ с высокой потенциальной энергией и затем расщеплять эти вещества с получением кинетической энергии движения. Теперь мы ясно видим, что жизнь на нашей земле действительно ограничена очень ограниченным диапазоном физических условий. Когда мы думаем о массе Земли, мы с удивлением обнаруживаем, какая незначительная часть всей этой материи проявляет жизненно важные явления. Поверхность земли покрыта слоем растительности, пышной и изобильной, какой мы видим ее, прогуливаясь по тропическому лесу, но которая на самом деле представляет собой пленку невообразимо тонкой плотности, если сравнить ее толщину с диаметром земного шара. Даже вся поверхность суши не так покрыта растительностью, поскольку полярные регионы и вершины высоких гор почти безжизненны, в то время как пустынные участки могут быть абсолютно безжизненными. Нижние слои атмосферы населены

птицами, насекомыми и бактериями, но их общая масса бесконечно мала по сравнению с общей массой газов, из которых состоит атмосфера. Даже море, которое мы считаем богатым жизнью, на самом деле таковым не является: оценки изобилия планктонной жизни действительно вводят в заблуждение, поскольку, хотя в одной капле воды может содержаться несколько сотен организмов, их масса чрезвычайно мала и обычно выражается в одной или двух частях на миллион. Все это означает, что жизни трудно проявлять себя в материальных формах. Будь то простой способ взаимодействия некоторых сложных химических веществ с относительно простой физико-химической средой — механистическая точка зрения - или же это импульс или фактор, который не является ни физическим, ни химическим, но который действует через физические и химические элементы — виталистическая точка зрения, — жизнь способна воздействовать на земные материалы в очень ограниченной степени. Действуя через все тенденции, которые, как мы видим, в ней существуют, жизнь может быть, так сказать, разбавлена; но, будучи сконцентрированной на одной или нескольких из них, она становится более эффективной. Следовательно, разделение этого набора тенденций, который мы называем жизнью, является смыслом эволюционного процесса.

Онтогенетическое развитие, говорит Ру, - это порождение *видимого* многообразия. Нельзя сказать, что это осторожное описание процесса развития было воспринято теми, кто излагает догмы механистической биологии. Развитие действительно является порождением разнообразия, но это разнообразие - лишь фаза предшествующего разнообразия, перегруппировка пространственно протяженных ранее существовавших элементов. Как еще можно было бы рассматривать развивающийся эмбрион и его материальное окружение как систему физико-химических элементов, поддающихся изучению методами экспериментальной и математической физики, кроме как рассматривая его как систему, проходящую через фазы, каждая из которых является необходимым следствием предыдущей и каждая из которых содержит одни и те же элементы, отделенные друг от друга в пространстве? Давайте представим себе воду, находящуюся в сосуде при высокой температуре и постоянно охлаждающуюся. Состояниями этой системы являются (1) газообразное состояние, в котором молекулы воды движутся с высокой скоростью и находятся на относительно значительном расстоянии друг от друга и в котором они непрерывно сталкиваются друг с другом и со стенками сосуда; (2) состояние системы, состоящей из отдельных фаз, жидкой воды и газообразного пара, находящихся в контакте с ней; и (3) твердая фаза, в которой молекулярные движения почти или совсем прекращаются. Здесь прогресс системы по ее фазам приводит к физическому разнообразию, а затем снова к физической однородности. Но разнообразие различных фаз в некотором смысле является лишь кажущимся: любая отдельная фаза или, по крайней мере, те, которые включают переход системы из газообразной в жидкую фазы и *наоборот*, могут быть представлены общим уравнением ван-дер-Вааля, $RT = (p + a/v^2)(v - b)$. Предполагает ли что-либо в современных биологических исследованиях, за исключением, конечно, спекуляций нефизических физиологов, что онтогенетический процесс может быть представлен таким образом?

Являются ли произвольные "стадии" эмбриологов — яйцеклетка, бластула, гаструла и т.д. - фазами в системе в указанном выше смысле, единственным смыслом, в котором процесс может рассматриваться как поддающийся физико-химическому анализу? Что именно представляет собой эмбрион в конце процесса сегментации? Это гармоничная эквипотенциальная система, то есть совокупность отдельных органических частей или клеток, каждая из которых обладает всеми потенциальными возможностями, которыми обладает каждая из других. *Любая* клетка в

бластуле может стать клеткой или серией таких клеток в *любой* части гаструлы или личинки плутеуса. Это то, чем эти части являются потенциально, но на самом деле их индивидуальные судьбы различны. Система гармонична, и каждая из ее частей, хотя и способна делать все, что может делать любая другая часть, все же делает только одно: она становится клеткой энтодермы, или эктодермальной клеткой, или частью скелета, и так далее; то, что она делает, зависит от ее положения по отношению к другим клеткам. Возникает обширное многообразие, но это не было следствием предшествующего обширного многообразия, поскольку на предыдущей стадии *все части системы были одинаковыми*. Многообразие яйцеклетки или бластулы — то потенциальное многообразие, которое стало актуальным в процессе развития, — должно быть интенсивным многообразием, и, признавая это, мы должны отказаться от сравнения онтогенетических (и, конечно, филогенетических) процессов с фазами физико-химической системы в процессе трансформации. *Эволюция - это преобразование интенсивного многообразия в экстенсивное.*

Разница между трансформирующимися системами физики и эволюционирующими системами биологии должна заключаться в чем—то большем - гораздо большем, чем это. Во всех происходящих в природе неорганических процессах есть качество, или смысл, или направление, которое не похоже на качество органических эволюционных процессов. Теперь мы возвращаемся к рассмотрению второго закона термодинамики, поскольку только таким образом мы можем приблизиться к понятию жизненного импульса. Если энергетическая трансформация происходит в неорганической природе, то есть, если что-то происходит, то происходит трансформация или вещь происходит потому, что в системе, в которой это произошло, были различия. Условием возникновения неорганики является то, что в разных частях системы должны были существовать различия в энергии: в самом общем смысле должно было существовать разнообразие элементов. Но с трансформацией это разнообразие исчезает или имеет тенденцию к исчезновению, и оно не может быть восстановлено — то есть различия в энергии не могут быть снова установлены, если только путем компенсационного преобразования энергии; то есть энергия должна быть израсходована на систему извне каким-либо внешним фактором. Что бы еще ни показывала нам физика, она показывает нам унитарную вселенную, то есть вселенную, в которой все, что происходит, в какой-то степени влияет на все остальные части. Следовательно, уменьшение разнообразия, или энергетических различий, - это то, что нельзя отменить или компенсировать, ибо без вселенной ничего нет.³² Все, что происходит в нашей вселенной, уменьшает возможность дальнейшего развития событий. Мы хотим, рискуя повторить, чтобы этот принцип энергетики был совершенно ясен: неорганические явления, какого бы вида они ни были, являются случаем или следствием второго закона энергетики — *это* в некотором смысле сам второй закон. Все преобразования энергии происходят потому, что энергетические различия уменьшаются, потому что разнообразие устраняется. В этом смысл, или качество, или направление неорганических явлений.

Это не направление органической эволюции. В развитии индивидуального организма мы наиболее отчетливо видим прогрессирующее увеличение разнообразия частей. В ходе филогенетической эволюции одна или несколько простых морфологических форм жизни превратились и продолжают превращаться в бесконечно многочисленные морфологические формы. Разнообразие постоянно увеличивается. Если мы придерживаемся механистического взгляда на жизнь, мы должны предположить, что разнообразие полностью развитого организма или органического мира со всеми его видами было также разнообразием оплодотворенной

яйцеклетки или примитивной жизненной субстанции в другой фазе. Тогда мы подвергаем себя всем грубостям современных спекуляций на тему наследственности.

С этим растущим разнообразием форм происходит сопутствующее разделение энергии. Мы видим настолько ясно, насколько это возможно, что тенденцией всего неорганического процесса является преобразование потенциала в кинетическую энергию и равномерное распределение этой кинетической энергии по всем частям системы, в которой произошел процесс. С другой стороны, тенденция органического развития заключается в преобразовании кинетической энергии в потенциальную энергию, (1) в запасах химических соединений, которые образуются в результате метаболизма зеленых растений и которые способны снова вырабатывать энергию; и (2) в результатах инстинктивной или разумной деятельности организма животного. Первый результат органической эволюции четко прослеживается и не нуждается в дальнейших объяснениях, второй очевиден при размышлении, но, возможно, не осознается во всем его значении изучающим биологию и физику.

Органическая эволюция - это процесс, который имел или имеет своей тенденцией развитие гнилостных и бродильных бактерий, хлорофиллиевых организмов, членистоногих, человека и других млекопитающих. Все, что мы сказали, было бы бесполезно, если бы это телеологическое описание эволюционного процесса не было четко предложено. Бесконечно многочисленные формы жизни, которые появлялись на земле в прошлом и появляются сейчас, кажутся экспериментами, большинство из которых оказались безуспешными. Только в упомянутых организмах, дополняющих друг друга в своей метаболической деятельности, жизнь успешно проявляет себя в деятельности, компенсирующей деятельность неорганической природы. Энергия, которая рассеивается в излучении остывающего солнца, снова становится потенциальной в виде углеводов, синтезируемых из воды и углекислого газа с помощью хлорофиллиевых организмов, и эта энергия накапливается. Он используется инстинктивным и разумным животным в том смысле, что используется в качестве пищи и преобразуется в телесную энергию, которая затем может быть использована для любой намеченной цели. Эти растительные вещества, потребляемые животным в качестве источников энергии, расщепляются на выделяемые вещества, которые далее расщепляются метаболической активностью бактерий брожения и гниения и становятся веществами, используемыми в качестве пищи хлорофиллианскими организмами.

Если бы деятельность человека заключалась только в ненаправленных или неправильно используемых мышечных движениях (как, собственно, и было до сих пор в большинстве его действий), тогда космическая энергия действительно рассеивалась бы после того, как она стала энергией организмов. Но разве вся история человека не указывает на его постоянно возрастающую активность в завоевании природы, то есть на попытки накопить и использовать естественные источники энергии и остановить ее тенденцию к растрате?

Следует признать, что прошлая история человеческой цивилизации была почти полностью историей безответственной эксплуатации природных ресурсов, поскольку она была основана на бездумном и расточительном использовании энергии, потенциал которой был создан растительными и животными организмами прошлого. Человек, охотник, поддерживал себя и размножался за счет уничтожения других животных или растений, или за счет простого сбора и использования природных плодов и других растительных веществ. В исторические времена бизоны и другие животные почти вымерли из-за его безжалостной деятельности, точно так же,

как в наши дни кит, камбала и тюрбо исчезают из-за деятельности механического рыбака. Промышленный человек добился успеха со своими фабриками, железными дорогами и пароходами, а также со своей электроэнергией и транспортом только потому, что он смог использовать запасы энергии, содержащиеся в угле и нефти, накопленных в горных породах земли. Прогресс цивилизации был прогрессом, ставшим возможным благодаря открытиям и изобретениям, а также применению полученных таким образом знаний к практическим аспектам человеческой жизни, но в этом умозрении и его применении обозначены две разные вещи. Для человека науки и философа сведение кажущегося хаоса природы к закону и регулярности является началом и концом его умственной деятельности; но целью “предпринимателя”, или “организатора”, или “промышленного капитана” было использование этих результатов мысли для безответственной эксплуатации и эгоистичного истощения природных источников энергии. Точно так же, как бизоны и другие животные исчезли или исчезают раньше охотников и рыбаков, так и запасы угля и нефти исчезают раньше, чем коммерческая деятельность. Было сказано, что триумфы индустриализма - это всего лишь триумфы научного детства нашей расы. Человеческие усилия до сих пор способствовали лишь общему растрачиванию природной энергии.

Однако точно так же, как на смену человеку-охотнику пришел человек-земледелец, за этим безответственным истощением природных богатств должны последовать усилия по замедлению, а не ускорению деградации энергии. Растения и животные, которые были просто убиты первобытным человеком, теперь сеются и собираются, или культивируются и разводятся; так что энергия солнечного излучения, которая раньше, так сказать, растрачивалась впустую, теперь восполняется метаболической активностью зеленых растений наших посевов и урожаев. Дожди и ветры, приливы и отливы и реки - все это представляет собой энергию, получаемую главным образом за счет солнечной радиации, а также за счет орбитальных и вращательных движений Земли и Луны. Эта энергия даже сейчас почти полностью рассеивается в виде ненужного, безвозвратного низкотемпературного тепла; но по мере того, как наши запасы угля и нефти истощаются, внимание людей все больше и больше обращается на эти источники кинетической энергии. Водяные колеса и ветряные мельницы, а также более эффективные механизмы, которые должны быть созданы на основе этих примитивных двигателей, будут улавливать эту ненужную энергию и преобразовывать ее в кинетическую энергию машин, пригодных для использования человеком, или в потенциальную энергию химических соединений, способных накапливаться и использоваться в будущем. Изучение радиоактивности познакомило нас с огромными запасами потенциальной энергии, заключенными в атомах, и если когда-нибудь станет возможным использовать ее путем распада этих частиц, тенденция к снижению естественных энергетических процессов еще больше замедлится.

Таким образом, жизнь, когда мы рассматриваем ее с точки зрения энергетики, предстает как тенденция, противоположная той, которая, по нашему мнению, характерна для неорганических процессов. Направление последнего - преобразование потенциальной энергии в кинетическую и равное распределение последней по всем частям Вселенной. Направление тенденции, которую мы называем жизнью, направлено на преобразование кинетической энергии в потенциальную, или на установление и поддержание различий в кинетической энергии, посредством чего последняя остается доступной для выполнения работы. В общих чертах, результатом движения, которое мы называем неорганическим, является уничтожение

разнообразия, в то время как то, что мы называем жизнью, направлено на поддержание разнообразия. Это движения, противоположные по своему направлению.

Что такое космическая эволюция? Во всех гипотезах, которые выдвинула астрономическая физика, мы видим трансформацию системы — части Вселенной, произвольно отделенной от всего остального, — через серию стадий, каждая фаза которых отмечена постепенным уменьшением разнообразия, то есть некоторым снижением энергии. Две основные серии гипотез, объясняющих современное состояние Вселенной, по-видимому, были результатом физических исследований: (1) происхождение отдельных солнечных и планетных тел в результате процесса конденсации газообразного вещества туманности; и (2) происхождение тех же систем из скоплений метеорной пыли. Какой бы правдоподобной ни казалась небулярная гипотеза при первом рассмотрении, она терпит неудачу при тщательном анализе. Что такое газообразная туманность? Это масса нагретого пара, сжимающаяся под действием взаимного притяжения его частей, поскольку его молекулы теряют свое тепло под действием излучения — так гласит гипотеза. Но было указано, что мы не можем быть уверены в том, что известные астрономии газообразные туманности горячие или даже в том, что они притягиваются. Утверждается, что большая туманность Ориона находится на огромном расстоянии от нас, и при минимальной оценке этого расстояния объем туманности все равно должен быть невероятно велик. Есть веские причины полагать, что масса видимой Вселенной не может быть больше массы тысячи миллионов солнц, подобных нашему. Предполагая, что вся эта материя содержится в большой туманности Ориона (и, очевидно, что так может содержаться лишь небольшая ее часть), мы находим при расчете, что образовавшийся таким образом “газ” был бы намного менее плотным, чем даже след газа, содержащийся в искусственно созданном высоком вакууме.³³ Как же тогда мы можем говорить о таком теле, как эта туманность, как о протяженной массе горячего газа, остывающей и притягивающейся по мере потери тепла?

Даже при рассмотрении других гипотез, предполагающих образование отдельных солнц и планет в результате скопления метеорной пыли и компенсационного рассеивания такой пыли радиационным давлением, возникают, по-видимому, непреодолимые трудности. Все такие гипотезы, как мы указали, предполагают материальную субстанцию и способы преобразования энергии, аналогичные тем, которые мы изучаем в лабораторных процессах, и все такие гипотезы включают понятие деградации энергии. До тех пор, пока мы предполагаем, что все космические процессы являются преобразованиями протяженных систем материальных субстанций, мы должны предполагать, что энергия рассеивается на каждой стадии преобразования, и всякий раз, когда мы предполагаем это, мы признаем, что процессы являются необратимыми и что материальная вселенная в целом стремится к состоянию инерции. Однако мы видим, что это не может быть правдой, поскольку вселенная изобилует разнообразием. Является ли продвижение к конечному состоянию инерции асимптотическим, как предполагает Уорд? Это нам не помогает, поскольку все, что делает это предложение, — это неправильно применяет математический аппарат, полезный только при решении проблем, для которых он был разработан. Как уже было сказано, где-то в нашей вселенной *должен* соблюдаться второй закон термодинамики.

Как этого избежать? То движение или прогресс, который мы называем неорганическим, — это движение энергетических преобразований в одном направлении — к их прекращению. Это движение, которое мы можем легко обратить вспять в воображении. Сигарета, выкуриваемая

курильщиком, представляет собой потерю энергии: целлюлоза и масла табака сгорают с выделением тепла и образованием воды, углекислого газа и некоторого количества сажи; и это то, что происходит, когда потенциальная энергия, содержащаяся в организованном веществе, преобразуется в кинетическую энергию. Теперь можно четко представить себе противоположный процесс — его даже можно изобразить. Если мы сделаем кинематографическую запись процесса курения сигареты, а затем изменим направление движения пленки на обратное, мы увидим, как частицы сажи рекомбинируют, образуя вещество сигареты, и мы сможем представить сопутствующую комбинацию воды, углекислого газа и других веществ, образующихся при горении с поглощением кинетической энергии. Это не простая аналогия, поскольку то же самое изменение обычных химических процессов происходит всякий раз, когда зеленое растение вырабатывает крахмал из воды и углекислого газа атмосферы, и это также происходит всякий раз, когда в лаборатории осуществляется химический синтез “органического” соединения, такого как мочевины Велера или сахара Фишера. Во всех таких синтезах экспериментатор *меняет* направление протекания неорганических химических процессов на противоположное. Он может вызывать эндотермические химические реакции, реакции, сопровождающиеся поглощением имеющейся энергии, и в ходе них кинетическая энергия преобразуется в потенциальную. Все синтезы органических соединений, столь самодовольно приводимые биологами-механистами и химиками в качестве примера отсутствия различия между органическим и неорганическим, не приводят к такому выводу. Сахар образуется в клетках зеленого растения из неорганических соединений, воды и углекислого газа и, следовательно, является соединением, получаемым жизнью - растительным организмом. Но сахар также может быть получен в лаборатории из неорганических соединений, которые в дальнейшем могли быть синтезированы химиком из их элементов. Уничтожает ли это различие между соединениями, образующимися под действием организма, и соединениями, образующимися под действием неорганических веществ? Очевидно, что это не так, поскольку в зеленом растении сахар образовался в результате жизнедеятельности живой хлорофиллиевой клетки, в то время как в лаборатории он был создан благодаря интеллекту экспериментатора. Без этого интеллекта или жизненно важного фактора не произошла бы серия химических превращений, начинающихся с элементов углерода, кислорода и водорода и заканчивающихся веществом сахаром. Поэтому мы не имеем права говорить, что такие синтезы уничтожают различие между органическим и неорганическим. Что они действительно указывают, так это на различие между тенденцией, выражаемой вторым законом термодинамики (неорганические процессы), и теми, которые возникают в результате направления, придаваемого процессам, взятым в целом, либо жизненно важным фактором живой клетки, либо разумом человека (жизненно важные процессы).

Следовательно, направление, которое может быть придано ряду физико-химических процессов, - это то, что мы должны понимать под “жизненным импульсом” Бергсона или “энтелехией” Дриша.

Следует признать, что трудно описать более точно, чем мы сделали выше, что подразумевается под этими терминами. Мы пытаемся описать современную концепцию энтелехии с почти таким же затруднением, которое испытывает физик, когда ему приходится применять понятия массы и инерции в их значении восемнадцатого века к своему описанию вселенной в терминах электромагнитной теории. И все же физику пришлось сделать этот шаг вперед, и то же самое приключение ожидает биолога, если спекулятивная сторона его науки хочет добиться дальнейшего прогресса и если он не склонен превращать свою науку в придаток физики и

химии. Энтелехия не соответствует понятию восемнадцатого века о “жизненной силе” или о “душе” Декарта, как, кажется, предполагает автор книги по эволюционной биологии. Это концепция, которая навязана нам главным образом из-за несостоятельности механистических гипотез организма. Если наш физический анализ поведения развивающегося эмбриона, или эволюционирующей расы или подвида, или деятельности организма в условиях постоянно меняющейся окружающей среды, или даже реакций функционирующей железы терпит неудачу, тогда мы, по-видимому, вынуждены постулировать элементарный фактор в природе, проявляющийся в явлениях организма, но не в явлениях неорганической природы. Этот аргумент *per ignorantium* не имеет большой силы для многих умов: он мало привлекает мыслителя, или критика, или обычного читателя, но почти невозможно переоценить привлекательность, которую он имеет для исследователя по мере того, как увеличивается его опыт изучения феноменов организма и по мере того, как он все больше и больше ощущает трудность описания в терминах физических концепций деятельности живого животного.

Мы можем, однако, попытаться проиллюстрировать главным образом по аналогии, что подразумевается под *энтелехией* Дриша, более точным понятием, чем *elan vital* у Бергсона. Мы возвращаемся к рассмотрению поведения эмбриона по завершении процесса сегментации. Организм на этой стадии состоит из ряда клеток, органически связанных друг с другом либо самими протоплазматическими нитями, либо путем наложения частей их поверхностей, образуя, таким образом, “полупроницаемые” мембраны. Все эти клетки похожи друг на друга, как структурно, так и функционально. Не имеет значения, что современные рассуждения о наследственности описывают их как непохожие друг на друга в том смысле, что каждый из них содержит отдельную часть исходной зародышевой плазмы, которая распалась в процессе деления яйцеклетки и первых нескольких бластомеров; и не имеет значения, что эти гипотезы вынуждены предполагать, что часть исходной зародышевой плазмы остается нетронутой, предназначенной для формирования гонад взрослого животного. Это гипотезы, изобретенные для объяснения дифференцировки эмбриона в терминах физики и химии восемнадцатого века, и их еще предстоит подтвердить экспериментом, прежде чем мы сможем принять их в качестве описания того, что следует наблюдать в процессах ядерного деления и сегментации. Кроме того, безусловно, любая клетка раннего эмбриона может дать начало любой части личинки. Таким образом, сегментированный эмбрион представляет собой систему частей, все из которых потенциально похожи друг на друга. Но на самом деле каждая из этих частей имеет разную судьбу в процессе развития личинки, и эта судьба зависит от того, какова судьба соседних клеток. Существует также план или замысел в развитии эмбриона — то есть в результате этого процесса получается совершенно определенная структура — и каждая из клеток участвует в эволюции этого замысла. Таким образом, система ячеек представляет собой гармоничную эквипотенциальную систему. Сами клетки не являются конечными частями этой системы, поскольку каждая из них представляет собой совокупность очень большого количества веществ, которые имеют физико-химические характеристики - по крайней мере, наши методы анализа, кажется, показывают, что каждая клетка представляет собой смесь ряда химических соединений, но мы никогда не должны забывать, что таким образом мы подвергаем анализу мертвую клетку, а не живой организм. Давайте назовем эти предполагаемые химические составляющие живых клеток элементами системы; тогда в начале процесса развития последняя состоит из элементов, которые не расположены определенным образом, но которые распределены “однородным” образом, очень похожим на распределение, которое осуществляется при перетасовке колоды карт. Но по мере продолжения дифференциации

элементы этой системы распределяются неравномерно, и разнообразие становится все больше и больше, достигая своего максимума, когда формируются определенные ткани и органы взрослого человека, подобно тому, как в конце игры в бридж карты приобретают особое расположение, указывающее на вполне определенный план, который возник в умах игроков вскоре после начала игры.

Механистическая биология стремилась бы объяснить это превращение однородной системы элементов в гетерогенную и специфическую структуру взаимодействием элементов друг с другом и реакцией окружающей среды. Но, учитывая однородное расположение элементов, способных взаимодействовать друг с другом, тогда можно предположить, что будет произведена только одна заключительная фаза. Смесь серы, угольной пыли, медных и железных опилок, внезапно нагретая до высокой температуры, будет взаимодействовать только одним способом, и конечная фаза работы системы будет зависеть от состава смеси, от температуры и от передачи тепла в смесь на начальной стадии нагрева. Смесь хлороформа и воды, взбитая в бутылке, сначала представляет собой “однородную” смесь частиц двух веществ, но под действием силы тяжести жидкости отделяются друг от друга и образуют два отдельных слоя, каждый из которых будет содержать в растворе часть другой жидкости. Таким образом, однородная смесь различных веществ становится гетерогенной структурой в неорганической системе, как и в органической, но, хотя мы можем предсказать первую, мы не можем предсказать вторую. Мы можем выразить результат сочетания элементов неорганической смеси как нечто, зависящее от химических и физических потенциалов, но это совершенно невозможно в случае развития эмбриональной системы. Дело не только в том, что наши знания о процессе развития несовершенны: различие между двумя процессами дифференциации является фундаментальным. Изменение условий, при которых дифференцируется неорганическая система, с необходимостью приводит к другой конечной фазе, но изменение условий, при которых развивается эмбрион, не обязательно должно иметь такого эффекта. Если происходит какое-то непредвиденное событие — некоторое искусственное вмешательство в процесс сегментации, которого никогда не могло быть в расовой истории организма, - происходит *регулирование* со стороны частей эмбриона, и конечная фаза развития может быть такой же, как если бы никакого вмешательства не было. То, что действует в развитии эмбриона, - это нечто такое, что разрешает, приостанавливает или организует физико-химические реакции.

Давайте представим себе развивающийся эмбрион просто как совокупность веществ, содержащихся в неорганической среде: примером может служить сегментированная лягушачья яйцеклетка, плавающая на поверхности пруда. Как неорганическая система, ее судьба предопределена. Произойдет автолиз веществ в клетках, и белки распадутся с образованием амидотелец, в то время как также произойдут другие химические изменения, строго предсказуемые, если бы наши знания органической химии были более полными, чем они есть на самом деле. Гнилостные и ферментирующие бактерии будут атаковать белки, жиры и углеводы, и в конце концов наша совокупность химических веществ превратится в совокупность гораздо более простых соединений — воды, углекислого газа, болотных газов, сероводорода, фосфорсодержащего водорода, аммиака, нитратов и т.д., Все из которых растворятся в воде пруда или диффундируют в прилегающую атмосферу. Но у живого эмбриона происходит не это: происходит совершенно иное и гораздо более сложное расположение химических веществ, первоначально присутствующих в сегментированном яйцеклетке, или, по крайней мере, физическая и химическая реорганизация. Энтелехия развивающегося эмбриона

предотвращает возникновение некоторых реакций и направляет потенциальную энергию системы на выполнение других реакций.

Две аналогии, предложенные Дришем, возможно, сделают роль энтелехии более ясной. Рабочий, груда кирпичей, немного строительного раствора, немного пищи и немного кислорода составляют систему в физико-химическом смысле. Из своей кучи кирпичей и раствора рабочий может построить один из нескольких различных видов небольшого дома, или, возможно, он может возвести несколько стен без какого-либо определенного расположения, или он может просто превратить одну “беспорядочную” кучу кирпичей и раствора в другую “беспорядочную” кучу. Точно так же человек, набор подвижных элементов, немного пищи и немного кислорода составляют другую систему. Начальная фаза этой системы состоит из составителя, его питания и примерно пятидесяти с лишним коробок различных типов, каждая из которых содержит большое количество похожих элементов. Заключительной фазой системы может быть расположение типов для формирования эпической поэмы, или серии драматических критических замечаний, или бессмысленного нагромождения правильно написанных слов. Во всех этих случаях было затрачено одинаковое количество энергии: каменщик израсходовал одинаковое количество пищи и кислорода и выделил одинаковое количество воды, углекислого газа и мочевины, независимо от того, строил ли он дом, или небольшую дымовую трубу, или груду кирпичей без архитектурного оформления. Система кирпичей и строительного раствора приобрела в процессе дифференциации постепенно возрастающую сложность; в то время как в случае набора текста разнообразие компоновки, приобретенное на заключительных этапах, может быть очень высокого порядка. Однако интеллектуальный склад ума рабочего оставался в любом случае неизменным.

Давайте рассмотрим далее человека, идущего по шпалам железнодорожного полотна. Шпалы находятся на разном расстоянии друг от друга, так что шаги ходунков должны различаться по длине, иногда располагаясь ближе друг к другу, иногда дальше друг от друга. *Средний* шаг имеет определенную длину и требует затраты определенного количества энергии, и условие, при котором человек делает иногда длинный шаг, а иногда короткий, не требует, чтобы энергия, затрачиваемая на шаги, была больше, чем если бы каждый из них был средней длины, поскольку дополнительная энергия, необходимая для длинных шагов, экономится за счет коротких. То, что действует здесь, - это сила регулирования, осуществляемая ходком, рассматриваемым как механизм. Не существует чисто неорганического процесса, в точности подобного этому. Можно было бы подумать, что регулятор паровой машины делал почти то же самое, впуская больше пара в цилиндр при увеличении нагрузки на двигатель, *и наоборот*. Но регулятор - это механизм, *разработанный* для компенсации изменений, *которые задаются заранее*. В случае с человеком, идущим по железнодорожному пути, энтелехия действует, приостанавливая энергетические события (мышечные сокращения при коротких шагах), когда это необходимо, и позволяя им продолжаться, когда это необходимо. Эти правила не должны влиять на саму Энтелехию, какой бы она ни была.

Таким образом, организм представляет собой совокупность химических веществ, расположенных типичным образом. Эти вещества обладают энергией в потенциальной форме, способной трансформироваться таким образом, что они могут давать начало другим химическим веществам — выделениям, например, — или энергии в кинетической форме, то есть движениям мышц. В покоящемся организме этих превращений не происходит: энергия остается потенциальной, так что химические процессы приостанавливаются. В

неоплодотворенной яйцеклетке, например, ничего не происходит, хотя все возможности сегментации заложены в клетке. Если бы реакции действительно происходили вследствие химических потенциалов, содержащихся в веществах клеток, их ход был бы таким, чтобы привести к образованию веществ, потенциальная энергия которых была минимальной, и в которых первоначальная энергия клетки была бы представлена нескоординированной кинетической энергией молекул, возникающей в результате распада веществ, претерпевающих химические изменения. Это не то, что происходит при дифференцировке яйцеклетки: развивающаяся клетка образует новые вещества из веществ своей неорганической среды, аналогичные веществам, из которых она уже состоит, а затем эти вещества упорядочиваются для получения специфической формы организма, в который яйцеклетка вот-вот разовьется.

Все гипотезы, которые пытаются описать функционирование дифференцирующейся яйцеклетки или функционирующего организма в терминах одних только физических концепций материи и энергии, терпят неудачу при тщательном анализе. Говорят, что проявления жизни организма представляют собой особые “энергетические формы” того же порядка, что и свет, тепло, химическая и электрическая энергия и т.д. Все эти энергетические формы “сцеплены”, то есть каждая из них может быть преобразована в любую из других. Определенная частота вибрации эфира может быть преобразована в движение молекул материального тела и, таким образом, стать теплом, в то время как химическая энергия может быть преобразована в электрическую энергию, или наоборот, и так далее. Говорят, что жизнь может быть просто трансформацией некоторой известной нам “энергетической формы”: потенциальная энергия пищи может быть преобразована в “биотическую энергию”, и это может затем проявляться в характерном поведении организма. Это метод физической науки. Энергия постоянно исчезает из нашего поля зрения: механическая энергия, которая использовалась для поднятия груза на вершину холма или та, которая поднимает маятник до высшей точки его качания, по-видимому, исчезает. Если мы пропустим электрический ток через воду, энергия исчезнет, поскольку для прохождения через воду требуется больший ток, чем через кусок металла того же сечения. В этих и подобных случаях физика изобретает потенциальные энергии, чтобы сохранить справедливость закона сохранения. Кинетическая энергия груза или качающегося маятника становится потенциальной энергией груза, покоящегося на вершине холма, или качающегося маятника в его высшей точке, в то время как электрическая энергия, которая, по-видимому, была потеряна, становится потенциальной энергией изменившихся положений молекул кислорода и водорода. Это предположение о том, что видимая кинетическая энергия движения преобразуется в невидимую потенциальную энергию положения, оправдано нашим опытом, поскольку (пренебрегая рассеиванием) мы можем восстановить эту потерянную энергию в ее первоначальном количестве из состояния тел, которое физически изменилось, когда кинетическая энергия исчезла. Применим тот же метод к явлениям организма и предположим, что химическая потенциальная энергия потребляемой пищи преобразуется в кинетическую энергию движения частей тела: мы подтверждаем это предположение результатами физиологии. Но затем часть этой химической энергии подвергается трансформации совершенно другого рода и становится “биотической энергией”, которая, по-видимому, является тем, что есть в нас и позволяет нам выполнять предписания или устанавливает то состояние, которое мы называем сознанием. Мы не можем точно сказать, что это за “биотическая энергия” или каковы этапы, посредством которых энергия пищи преобразуется в нее; но точно так же мы не можем сказать, что такое электрическая энергия или каковы этапы,

посредством которых химическая энергия преобразуется в нее. Таким образом, наше незнание точной природы энергетических преобразований неорганических вещей - незнание, которое все время исчезает, — становится оправданием для сравнения их с жизненными преобразованиями и для предположения, что существует фундаментальное сходство в двух видах происходящего.

В предположении энтелехианской силы предполагается меньше, чем в предположении, что проявления жизни являются следствием жизненной “энергетической формы”, отличной от неорганических форм, хотя и принадлежащей к тому же порядку, поскольку она может быть сопряжена с этими неорганическими энергетическими формами. Нам не нужно предполагать, что определенный вид трансформации происходит только в сфере органического: все, что нам нужно предположить, это то, что с помощью какого-то фактора, присущего деятельности организма, химические реакции, которые происходили бы, если бы совокупность частей была неорганической, приостанавливаются. В этом предположении нет ничего необычного для физической науки. Водород и хлор, газы, которые соединяются вместе при смешивании с выделением тепла и света, могут смешиваться в таких условиях, что соединение может быть отложено на неопределенное время. Железо, которое растворяется в азотной кислоте, тем не менее, может быть переведено в “пассивную” форму, когда оно остается в контакте с реагентом, но не растворяется им. Ферменты, находящиеся в контакте со стенками пищеварительного тракта, не растворяют эти мембраны до тех пор, пока ткани живы, и они не растворяют пищевые вещества до тех пор, пока они не будут “активированы”. Кислород, содержащийся в тканях, не окисляет вещества тканей до тех пор, пока фермент или каталаза не окажут своего влияния. Все больше и больше, по мере того как физиология становилась более тщательной в своем изучении функций животного, она стремилась объяснить метаболические процессы, предполагая вмешательство ферментов, пока количество этих веществ не стало легионом, и большая часть первоначальной простоты понятия ферментативной активности не была утрачена. Но почему эти ферменты, если они всегда присутствуют в тканях, не действуют всегда? Современная физиология утверждает, что они должны быть активированы; то есть фермент действительно существует в тканях в виде “зимогена” или вещества, которое не является, но может стать ферментом; или они существуют в виде “зимоидов”, то есть веществ, которые химически кажутся ферментами, но которые должны быть активированы “киназами”, прежде чем они смогут начать функционировать.

Несомненно, именно в этом направлении физиология делает успехи, расширяет наши знания о *деятельности* животных и наделяет врача большими возможностями в борьбе с болезнями; но гипотеза об активности ферментов, очевидно, была основана на результатах физико-химического исследования неорганических реакций, и она приняла точную форму, которую имеет, благодаря попытке провести аналогию многих метаболических процессов с каталитическими процессами. Почему инертные зимоиды активируются киназами именно тогда, когда они необходимы для общей экономики всего организма? Мы действительно знаем, что киназы вырабатываются при поступлении переваренной пищи в определенные отделы пищеварительного тракта, и что эти киназы переносятся кровотоком в другие отделы, где они активируют уже находящиеся там зимоиды. Но о природе механизма, с помощью которого все это осуществляется, физиология не дает нам никаких намеков, и мы предполагаем, что задействованный механизм является чисто физико-химическим. Предположим, мы говорим, что энтелехия организма обладает способностью приостанавливать активацию фермента, то есть останавливать падение химического потенциала, участвующего в процессе гидролиза

(скажем) протеида. Когда этот процесс гидролиза становится необходимым в интересах организма, энтелехия может тогда запустить реакцию, которую она сама приостановила: все это согласуется с законом сохранения. Энтелехия не вызывает “невозможных” химических реакций: она не могла бы, например, вызвать реакцию серной кислоты и щелочного фосфата с образованием соляной кислоты. Но химические реакции, которые возможны, могут быть приостановлены, и приостановленные реакции могут затем стать реальными, когда это необходимо в интересах организма.

Следовательно, энтелехия - это не энергия и не какая-либо особая форма преобразования энергии, и в ходе ее функционирования энергия не используется и не рассеивается. Во всем, что он делает, закон сохранения выполняется со всей строгостью, с которой, как мы себе представляем, он выполняется в чисто неорганических процессах — по крайней мере, нам не нужно предполагать, что он не выполняется, — и в этом существенное различие между энтелехианскими проявлениями и проявлениями “витальных” или “биотических” сил или энергий исторических систем витализма. По сути, это договоренность, или порядок происходящего, и, следовательно, это неэнергетический фактор. Рабочий, который может построить полдюжины зигзагообразных стен, или арку, или небольшой дом из тех же материалов и с затратой того же количества энергии, действительно является энергетическим агентом, но он нечто большее. Он представляет собой физико-химическую систему, в которой какая-либо одна фаза не определяется предыдущей фазой. Разные результаты могут быть получены при одном и том же начальном расположении материалов и энергий, и это происходит потому, что система содержит не только материальные и энергетические элементы. Она содержит в себе интеллект или энтелехию рабочего.

Что это за энтелехия? Рано или поздно во всех наших рассуждениях об органическом процессе мы должны пересечь произвольную черту, которая отделяет пространство наших концепций от непросто-го - интенсивное от экстенсивного. Точно так же, как физики оставили материальность позади в своих спекуляциях и трактовке феномена излучения, так и биология должна попытаться проследить происхождение материальности организма от чего-то нематериального. Точно так же, как физика сейчас отказалась от представления о материи как о чем-то, что состоит из дискретных частиц, или атомов, имеющих протяженность в пространстве, и которые, следовательно, исключают друг друга, так и биология должна искать происхождение живых существ не в гипотетических “биофоридях” или других предельных частицах живого материала, но в интенсивном многообразии энтелехии. Существует многообразие потенциальных возможностей, которыми обладает простая и однородная яйцеклетка, превращаясь в гетерогенный взрослый организм. Это многообразие, говорит биолог-механист, состоит из многообразия протяженных материальных единиц, определяющих факторов Вейсмана, и организации, которая упорядочивает эти единицы — что это за организация? Это не может быть трехмерный механизм, как показывает весь тщательный анализ фактов разработки и регулирования. Тогда это нечто интенсивное, нечто, чего нет в пространстве, но что *действует в пространстве* и результат чего проявляется в пространственных материальных расположениях и действиях. Какой бы расплывчатой и непостижимой ни была эта концепция деятельности организмов, она является расплывчатой и непостижимой только потому, что мы привыкли выражать всехимические и физические процессы в терминах фундаментальных понятий материи и энергии, а наука последних двух столетий оставила нам терминологию, которая строго применима к операциям, в которых задействованы только эти понятия. Но если, как показывает весь мельчайший анализ

жизненных явлений, поиск предшественников некоторой энергетической, материальной, расширенной системы элементов в предшествующей энергетической, материальной, расширенной системе элементов приводит только к путанице и противоречиям, тогда необходимо сформулировать эту концепцию агента, который не является ни энергетическим, ни материальным, ни пространственным. Таким образом, энтелехия - это не энергия, а скорее организация и координация энергетических процессов. Это не то, что распространено в пространстве, а то, что действует в пространстве. Это не материально, но проявляется в материальных изменениях. Это многообразие, или организация, но многообразие интенсивное. Сравните это определение с понятием космического эфира, принятым сейчас математической физикой, и будет видно, что наши рассуждения аналогичны рассуждениям физиков, и, подобно им, проверка их реальности и полезности должна быть обоснована прагматически.

Теперь мы можем попытаться дать формальное описание организма на основе обсуждений в предыдущих главах.[34](#)

Организм представляет собой типичную совокупность физико-химических частей или элементов.

То есть это объект в природе, обладающий определенной формой, которая является результатом расположения его тканей. Каждая ткань, опять же, представляет собой совокупность клеток, а каждая клетка представляет собой комплекс химических веществ. Таким образом, организм напоминает, насколько позволяет наше определение, неорганический кристалл. Но мы рассматриваем типичный организм, и это чистая концепция, поскольку наш типичный организм не встречается в природе. Организмы, доступные нашему наблюдению, представляют собой созвездия физико-химических частей, но эти созвездия имеют тенденцию постоянно отклоняться от концептуальной схемы. Прогрессивное отклонение от типа - это то, что отличает органическую констелляцию от неорганической.

Организм - это сущность, в которой осуществляются энергетические преобразования определенной природы. Эти преобразования переводят энергию из состояния низкого потенциала в состояние высокого потенциала.

Такова общая тенденция земной жизни, и наиболее полно она выражена в метаболизме зеленого растения. Энергетические преобразования, которые здесь осуществляются, - это те, при которых кинетическая энергия излучения используется для создания химических соединений с высоким потенциалом из неорганических веществ, которые сами по себе не способны подвергаться дальнейшим преобразованиям. Общая тенденция всех неорганических превращений - к инерции. В них энергия не разрушается, но рассеивается: она равномерно распределяется по материальным телам в виде нескоординированных движений молекул, из которых состоят эти тела, и перестает быть доступной для дальнейших преобразований. Зеленое растение обращает вспять эту трансформацию и накапливает энергию в виде химических соединений с высоким потенциалом. Неорганические процессы - это те, в которых доступная энергия становится недоступной, и эта недоступная энергия может снова стать доступной только в том случае, если будет произведено компенсационное преобразование энергии. Жизнь - это то, что производит эти компенсаторные преобразования энергии.

Организм - это совокупность, способная к неограниченному росту путем диссоциации.

То есть это созвездие, которое воспроизводит само себя во всей своей специфичности. Рост заключается в отделении от организма части или репродуктивной клетки, которая многократно делится (или диссоциирует), причем каждая диссоциированная часть снова увеличивается в массе за счет добавления веществ, сходных с ее собственными, но которые берутся из среды, непохожей на нее саму по составу. Образованная таким образом совокупность частей затем дифференцируется, так что совокупность воспроизводится во всей своей специфичности. В неорганическом процессе нет ничего в точности подобного этому. Рост кристалла состоит просто из накопления элементов, сходных по природе с элементами растущего тела, и никакой дифференциации нет.

Организм проявляет автономию.

Это созвездие, которое сохраняется в условиях постоянно меняющейся окружающей среды, и типичная органическая форма остается неизменной, хотя материал, из которого оно состоит, претерпевает постоянные изменения. Существуют неорганические образования, которые в этом отношении напоминают организм: форма циклона или атмосферного возмущения, например, остается неизменной, даже несмотря на то, что воздух, из которого они состоят, постоянно меняется. Но форма организма не меняется строго в зависимости от изменений окружающей среды, в которую он помещен, поскольку он может реагировать на изменение окружающей среды регулированием или компенсаторным изменением формы или функционирования, результатом которого является поддержание совокупности во всей ее специфичности. Регулирование не является полным или совершенным, поскольку изменения окружающей среды в некоторой степени вызывают изменения в органической совокупности, но между изменением окружающей среды и органической реакцией нет никакой функциональности. В неорганических процессах изменение в одной части трансформирующейся системы обязательно определяет природу и степень изменений, которые происходят в других частях системы.

Организм - это центр непрерывного действия.

Это прежде всего часть природы, в которой постоянно происходят энергетические преобразования — описание, которое одинаково хорошо применимо как к растениям, так и к животным. Только когда мы пытаемся найти неорганическую систему, к которой было бы применимо это определение, мы обнаруживаем, насколько хорошо оно отличает органическое от неорганического. Неорганическая система, преобразующая энергию, - это либо система, постоянно стремящаяся к стабильности, либо это машина, созданная человеком для определенной цели, и, следовательно, это система, включающая телеологическую идею. Органический центр действия - это тот, в котором преобразования энергии происходят без остановки.

В растительном организме преобразования энергии представляют собой, за исключением репродуктивных процессов, всю деятельность организма. В организме животного они являются вспомогательными элементами регулируемой и целенаправленной двигательной активности, то есть мышечных действий. Цель этой мышечной активности меняется в зависимости от стадии эволюции, достигнутой животным. Его единственной целью у низших животных является сохранение личности или расы. Живя в органической и неорганической среде, которая всегда

враждебна и постоянно стремится к своему разрушению, вся деятельность организма направлена на попытку овладеть этой средой: он борется за свое индивидуальное существование и существование своего потомства. Деятельность человека также такова, но она больше, чем это, поскольку, зная, что физические процессы постоянно стремятся к инерции, он стремится контролировать эти процессы и сохранять нестабильность природы, от которой зависит возможность дальнейшего становления.

Деятельность организма, будь то энергетические преобразования растения или подвижная деятельность животного, является направленной и регулируемой деятельностью. Деятельность организма не является функциональной деятельностью в том смысле, что деятельность динамо-машины зависит от природы машины, а также от природы и количества подаваемой к ней энергии. Природа активности организма регулируется автономно целями, которые он “желает” выполнять.

Организм - это фаза эволюционного потока.

Категории организмов — разновидности, виды, роды и т.д. — являются фикцией. Это произвольные определения, разработанные для облегчения нашего описания природы. Это типы или идеи. При их построении мы следуем методу интеллекта и представляем неподвижностью то, что по сути своей подвижно и течет. Между оплодотворенной яйцеклеткой и дряхлым организмом существует абсолютная непрерывность. Наше описание индивидуального организма - это описание его в типичный момент истории его жизни, и это описание включает в себя все, что привело к морфологии в этот конкретный типичный момент, а также все, что отпадет от нее.

Даже тогда произвольно определенный организм - это всего лишь фаза. Давая ему определение, мы останавливаем не только индивидуальный, но и расовый эволюционный поток. Специфическая морфология - это морфология типичного момента в расовом потоке. К нему в данный момент ведут все вариации, которые соединили его с его предками, а уводящими от него будут все вариации, которые превратят его в своих потомков.

Индивидуальное и расовое развитие - это истинная *эволюция*. Они представляют собой развертывание организации, которая не была выражена в системе материальных частиц или элементов, взаимодействующих друг с другом и с элементами окружающей среды, но которую мы должны искать в интенсивном, непространственном многообразии.

В эволюционном потоке изменения являются нефункциональными, то есть любая фаза, будь то фаза индивидуального или расового развития, не является просто перегруппировкой элементов предыдущих фаз, как в случае преобразующей системы материальных частиц и энергий. Существует врожденная, спонтанная изменчивость.

Организм выдерживает.

То есть вся его деятельность сохраняется и становится частью его организации. Не имеет значения, решаем ли мы, что приобретенные символы передаются, или нет, равно как и не имеет значения, приходим ли мы к выводу, что окружающая среда является причиной этих приобретений. В то или иное время в индивидуальной или расовой истории новые признаки

возникают в результате деятельности самого организма, и эти признаки сохраняются либо в индивидууме, либо в расе. Они сохраняются. Вся его деятельность, даже мысли, сохраняются и формируют опыт животного — опыт, который постоянно изменяет его поведение. В человеке эти истинные приобретения, результаты образования и исследований, сохраняются в виде письменного языка или традиции, даже если они не передаются по наследству.

Длительность - это не время. Математик в своих исследованиях не использует интервалы длительности. Когда он соотносит то, что происходит сейчас, с тем, что произошло некоторое время назад, он использует дифференциальный коэффициент dy / dx , так что интервал между двумя событиями становится “бесконечно малым”. Когда астроном предсказывает события, которые произойдут через несколько лет, или описывает те, которые произошли несколько лет назад, он действительно описывает вещи, которые присутствуют все сразу, так сказать, вещи, которые даны. Если мы разворачиваем веер, палочка за палочкой, мы видим отдельных участников последовательно, но они все на месте, и мы можем, если захотим, увидеть их всех сразу.

Чем больше мы размышляем об этом, тем больше убеждаемся, что математическое время - это всего лишь способ, с помощью которого мы видим вещи отдельно друг от друга. Вещи становятся протяженными во времени по мере того, как они становятся протяженными в пространстве. Независимо от того, являются ли явления, поддающиеся анализу с помощью физических методов, тем, что мы называем событиями прошлого или будущего, все они даны, поскольку каждое из них является лишь фазой других.

Длительность принадлежит организму. Прошлое известно, потому что все, что происходило с организмом, все еще сохраняется в его организации. Будущее неизвестно, потому что его еще предстоит создать. Следовательно, длительность — это вектор, нечто, имеющее направление, и организм переходит из прошлого в будущее. Он становится старше, но не моложе.

Такова, по-видимому, природа жизни. Можем ли мы обсудить проблему его *происхождения*?

Зародилась ли жизнь на нашей земле? Сначала мы должны рассмотреть, что мы имеем в виду, когда говорим о происхождении. Органический мир настоящего момента со всей его окружающей средой, то есть совокупность организмов на земле, со всеми материалами, которые они могут каким-либо образом использовать, энергия излучения, из которой они в конечном счете черпают свою энергию, и все части космоса, которые взаимодействуют с ними, составляют систему в физическом смысле. Нынешнее состояние органического мира, то есть виды и численность организмов, их распределение и распределение материалов, которые они могут использовать, а также количество и природа доступной им энергии, являются нынешней фазой этой системы. Все условия жизни в прошлом, то есть виды и численность, и распределение организмов, а также количество и природа окружающей их среды в любое время, вместе составляли фазы этой системы. Если было время, когда жизни, какой мы ее знаем, не существовало, то материалы и энергии, которые предшествовали жизни, когда она действительно появилась, также были фазой системы. Согласно строго механистической гипотезе, никакого происхождения быть не могло: могло быть только преобразование системы, которая уже существовала. Все, что существует сегодня, было дано тогда. Поэтому, когда мы говорим о происхождении жизни из неживых материалов, мы имеем в виду просто трансформацию этих материалов и энергий.

Говорят, что было время, когда жизнь не могла существовать на земле. Ибо организм, по сути, представляет собой ту совокупность химических соединений, которую мы называем протоплазмой, и она не может существовать при температурах выше 100°C и не может функционировать при температурах ниже 0°C . Для его конструктивного метаболизма требуются углекислый газ и аммиак или нитрат в качестве материалов, и было время, когда эти соединения не могли существовать, поскольку они, должно быть, были диссоциированы теплом газовой туманности, из которой возникла наша земля. Организму требуется энергия в виде солнечного излучения определенной частоты вибрации, и было время, когда солнечное излучение отличалось от того, что есть сейчас. Следовательно, жизни тогда не существовало. Даже если мы верим, что жизнь появилась на земле в виде зародышей, которые ранее существовали во внешнем космическом пространстве, эта вера не решает проблему, которая просто переносится с нашей земли на какое-то другое космическое тело.

Но жизнь, какой мы ее знаем, использует материалы и энергии, доступные ей в тех условиях, в которых она существует. Растительный организм получает свою энергию от солнечного излучения, потому что это самый распространенный источник земной энергии. Человеческий глаз наиболее восприимчив к свету определенной частоты и длины волны, но именно этого излучения больше всего в солнечном свете. Не означает ли это, что организм просто приспособился к материальным и энергетическим условиям, в которых он существует? Обязательно ли это означает, что, поскольку условия были совершенно иными, жизнь не могла существовать? Протоплазма не могла существовать при температуре в несколько тысяч градусов по Цельсию, но означает ли это, что жизнь, которая по любой гипотезе механизма должна быть описана в терминах энергии, не могла существовать в этих условиях?

У этого должно было быть происхождение, говорит Вайсман, потому что у него есть конец. Органические вещества разрушаются, поскольку они распадаются на неорганические. Организмы умирают. Таким образом, органический процесс подходит к концу, и поскольку он подходит к концу, у него должно быть начало. Таким образом, спонтанное зарождение жизни является, по Вейсману, “логической необходимостью”.

Нужна ли эта логическая необходимость? Аргумент явно подразумевает, что жизнь - это обратимый процесс. Органические вещи становятся неорганическими, и, следовательно, неорганические вещи должны стать органическими. Первое утверждение является фактом нашего опыта, но второе было бы логически верным только в том случае, если бы мы постулировали, что процесс жизни, каким бы он ни был, является обратимым процессом. Но мы не должны постулировать это, если хотим придерживаться физико-химического механизма, поскольку фундаментальным результатом физических исследований является то, что все неорганические процессы необратимы: обратимые неорганические процессы - это только пределы необратимых процессов. Физические процессы протекают только в одном направлении, и то, что органическое вещество разрушается до такой степени, что становится неорганическим, является частным случаем этой необратимой физической тенденции. Теперь механизм Вейсмана должен основываться на концепциях физики и химии, и он должен постулировать происхождение жизни из неживых веществ. Почему? Потому что жизнь - это обратимый процесс, то есть она проявляет тенденцию, которой нет в неорганических процессах. Очевидно, что логика ошибочна! И должны ли мы заключить, что у жизни есть конец? Сам Вайсман предполагает, что ничто в результатах биологии не указывает на то, что физическая смерть является необходимостью: это скорее адаптация. Сомы, или тело, является

оболочкой зародышевой плазмы, и поскольку оно подвержено превратностям окружающей среды, которая всегда враждебна, в конце концов оно становится непригодной оболочкой. Но при репродуктивном акте зародышевая плазма приобретает новую сомю, и больше нет необходимости в том, чтобы прежняя продолжала существовать как непригодная оболочка. Следовательно, физическая смерть наступает как адаптация, служащая наилучшим интересам расы. Организму нет необходимости умирать, поскольку зародышевая плазма может быть физическим континуумом на протяжении бесчисленных поколений. Соматическая смерть - это всего лишь разрушительный метаболизм: это катастрофический метаболизм, если хотите.

Мы можем законно обсуждать такие проблемы, как происхождение протоплазмы прототрофного организма, или хлорофиллсодержащей клетки, или нервной клетки. С механистической точки зрения каждое из этих состояний является фазой преобразующейся физико-химической системы, и исследование природы этих превращений входит в сферу применения методов физической науки. Но если аргументы этой книги здравы, то проблема происхождения жизни, как ее обычно формулируют, является всего лишь псевдопроблемой; с таким же успехом мы можем обсудить происхождение второго закона термодинамики! Если жизнь - это не только энергия, но также направление и координация энергий; если это тенденция того же порядка, но иного направления, чем тенденция неорганических процессов, все, что биология может с пользой сделать, - это исследовать, каким образом эта тенденция проявляется в материальных вещах и преобразованиях энергии. Но сама тенденция - это нечто элементарное.

ПРИЛОЖЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ³⁵

БЕСКОНЕЧНОСТЬ

Что на самом деле имеется в виду, когда математик использует концепцию бесконечности в своих операциях? Предположим, что мы берем линию конечной длины и делим ее пополам, а затем делим каждую половину пополам, и так далее до *бесконечности*. Мы делаем надрезы в линии, и эти надрезы не имеют величины, так что сумма длин, на которые мы делим линию, равна длине неразделенной линии. Мы можем разделить строку на столько частей, сколько захотим, то есть на “бесконечное” количество частей.

Предположим, что мы создаем вещь, которая должна соответствовать другой вещи, и предположим, что мы можем сделать эту вещь настолько великолепной, насколько захотим. Таким образом, если, какой бы замечательной мы ни сделали вещь, она все равно слишком мала, то вещь, которой мы пытаемся соответствовать, бесконечно велика.

Замените “малый” на “великий”, и это тоже определение бесконечно малого.

Очевидно, что идея бесконечности заключается не в *результатах* операции, а в ее тенденции. Это заложено в нашей интуиции о *стремлении* к чему-то, но не в результатах нашего стремления.

ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ

Если мы нальем немного ртути в U-образную трубку, закрытую с одного конца, воздух в этом конце будет содержаться в закрытом сосуде под давлением. Мы можем увеличить давление, налив больше ртути в открытый конец трубки. Мы можем измерить объем воздуха, измерив длину трубки, которую он занимает. Мы можем измерить давление этого воздуха, измерив разницу в длине ртутного столба в двух концах трубки. Приняв все необходимые меры предосторожности, мы обнаружим, что для каждого значения, которого достигает давление, существует соответствующее значение объема воздуха.

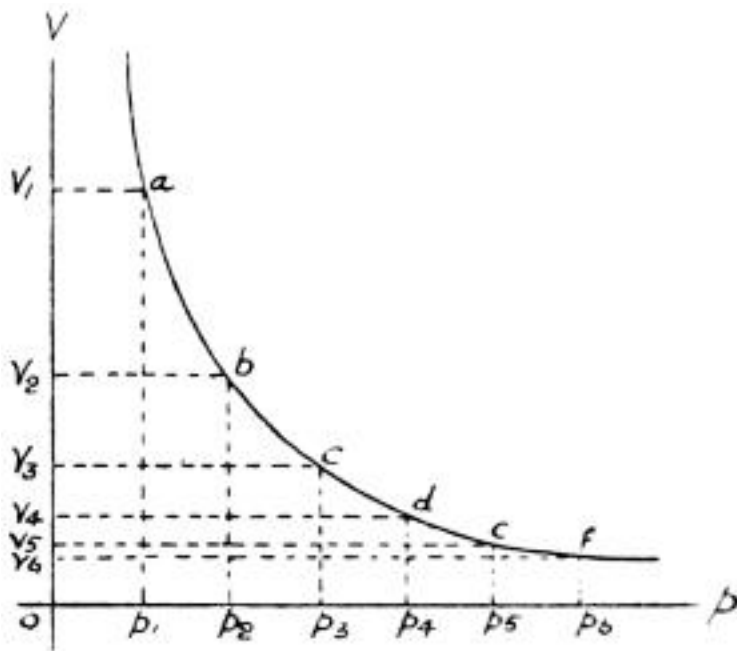


Рис. 27.

Таким образом, мы находим значения давления, p_1, p_1, p_2, p_3, p_5 , etc., and the corresponding volumes, $v_1, v_2, v_3, v_4, 4, v_5$, и т.д., И затем мы можем построить эти значения так, чтобы получился график.....

На этом рисунке значения, представленные вдоль горизонтальной оси, являются значениями давления, а значения, представленные вдоль вертикальной оси, являются значениями объема. Мы провели эксперимент таким образом, что можем задать значения давления по своему выбору - назовем их значениями *независимой переменной* или *аргументом*. Для каждого значения давления или аргумента существует соответствующее значение объема, которое *зависит* от давления — назовем эти значения объема значениями *зависимой переменной* или *функции*.

Мы можем устанавливать произвольные значения давления, но всякий раз, когда мы делаем это, соответствующие значения объема остаются фиксированными. Таким образом, мы говорим, что объем является *функцией давления*. В общем случае, когда мы выбираем одно

значение независимой переменной или аргумента, может быть только одно или небольшое количество значений зависимой переменной или функции. Если для одного значения аргумента имеется два или более значений функции, то каждое из них обязательно определяется значением, которое мы выбираем для присвоения аргументу. Между двумя сериями переменных существует строгая функциональность. В выбранном нами эксперименте эта функциональность выражается уравнением $pv = k(1 + at)$, where p is the pressure, v the volume, k and a constants, and t - температура, при которой проводится эксперимент. В ряде экспериментов, подобных тому, о котором мы упоминали, k , a и t везде одинаковы, и именно поэтому мы называем их *константами*. Мы задаем p любое значение, которое нам нравится, и затем v можно вычислить из уравнения.

СКОРОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ

Если мы знаем уравнение $pv = k(1 + at)$, мы можем найти, насколько сильно изменяется объем при изменении давления, то есть скорость изменения v по отношению к p . Но даже если мы не знаем, применимо ли это уравнение, мы все равно можем определить скорость изменения из наших экспериментов. Из графика видно, что при увеличении давления с p_1 до p_2 объем уменьшается с v_1 до v_2 , но если давление снова увеличить до p_3 , то есть на величину, аналогичную увеличению давления с p_1 до p_2 , объем уменьшится с v_2 до v_3 . Теперь с помощью измерений, сделанных на графике, мы обнаруживаем, что уменьшение v_1 до v_2 больше, чем уменьшение v_2 до v_3 , и последнее уменьшение снова больше, чем уменьшение с v_3 до v_4 .

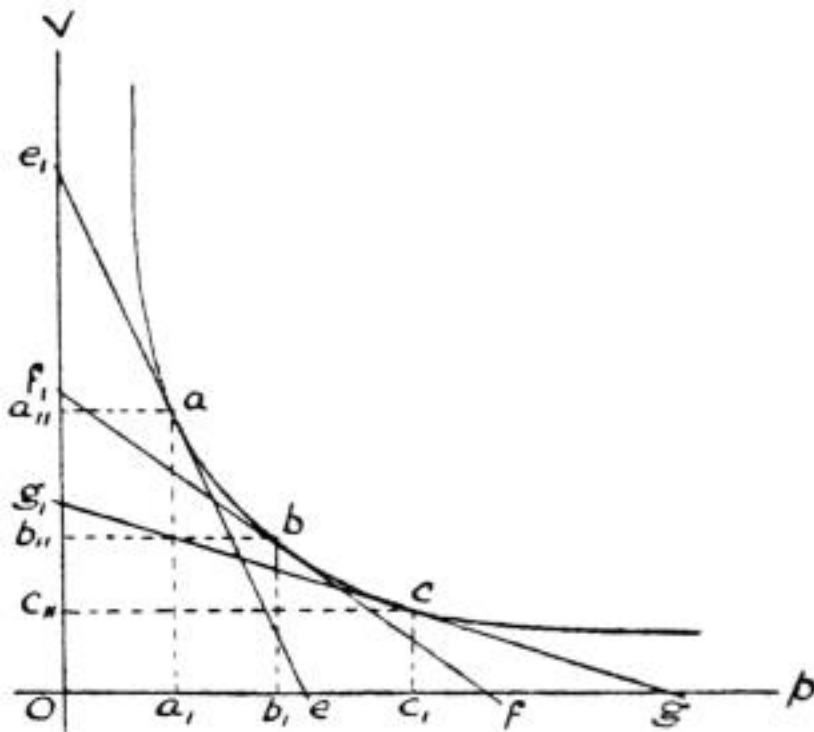


Рис. 28. Очевидно, что скорость

изменения объема отличается от скорости изменения давления, то есть везде одинакова, и когда мы смотрим на график, мы видим, что скорость изменения наибольшая там, где наклон кривой самый крутой. Последняя наиболее крутая вблизи точки a , менее крутая вблизи точки b и еще менее крутая вблизи точки c . Теперь любая *небольшая* часть кривой неотличима от прямой. Давайте проведем прямую линию $ээ_1$, который, кажется, совпадают с малой частью кривой, рядом с собой, и аналогичные прямые линии $фф_1$, и $г.г_1$, которые совпадают с мелкими

детальми кривой у B и ζ . Тогда крутизна кривой будет пропорциональна углы, прямые линии с осью OP , а эти углы измеряются по их касательных, то есть, по соотношению *оригинального* $_1/O\mathcal{E}$, которая является касательной, что E_1e с OP , соотношение om_1/B , а коэффициент OG_1/OG .

Точка a на кривой соответствует давлению a_1 и объему a_{11} . Точка b соответствует давлению b_1 и объему b_{11} , а c - давлению c_1 и объему c_{11} . Следовательно, *средняя* скорость изменения объема газа при изменении давления от a до c , пропорциональна сумме касательных oe_1/oe и og_1/og , деленных на 2.

ПОНЯТИЕ ПРЕДЕЛА

Предположим, что мы хотим найти скорость изменения объема при изменении давления в непосредственной близости от значения b_1 , то есть скорость изменения при изменении давления от немного меньшей, чем b_1 , до немного большей, чем b_1 . Если мы найдем точку b на кривой, соответствующей b_1 , и если мы затем проведем линию ff_1 , *касаясь* кривой в точке b , мы получим угол *отклонения* $_1$. Теперь может показаться, что тангенс этого угла, то есть отношение $_1/of$, даст нам меру скорости изменения объема.

Но такое рассуждение было бы ошибочным. Линия ff_1 только *касается* кривой, она не совпадает с элементом кривой. Также в точке b_1 давление имеет определенное значение, и никаких изменений не происходит. В соответствующей точке b_{11} объем также имеет определенное значение, и никаких изменений не происходит. Следовательно, не может быть никакой скорости изменения. Величина касательной не дает нам представления о скорости изменения: она дает нам *предел* скорости изменения, когда давление меняется в непосредственной близости от b_1 .

Мы должны придерживаться представления об изменении давления в *непосредственной близости* от b_1 . Что мы подразумеваем под “непосредственной близостью”? Мы имеем в виду, что мы думаем о диапазоне значений давления, в котором содержится конкретное значение давления b_1 , но не как о конечной точке. Мы также подразумеваем, что мы выбираем определенный стандарт приближения к значению b_1 , так что любое значение давления в пределах нашего интервала отличается от b_1 на *меньше*, чем этот стандарт приближения. Это означает далее, что независимо от того, насколько мало число, представляющее этот стандарт приближения, *любое* значение давления в интервале будет отличаться от b_1 меньше, чем на это число. Это то, что мы на самом деле имеем в виду, когда говорим, что интервал, о котором мы думаем, является “бесконечно малым”.

Теперь этому интервалу значений давления в непосредственной близости от b_1 будет соответствовать интервал значений объема в непосредственной близости от b_{11} , и, как и прежде, любое из этих значений объема будет отличаться от b_{11} менее чем на любое число, представляющее стандарт приближения к b_{11} . Затем мы находим точку на кривой, соответствующую как b_1 , так и b_{11} , то есть b , и проводим линию ff_1 , и находим касательную угла, который эта линия образует с *ор*. Величина этой касательной является *пределом* скорости изменения объема газа при изменении давления в непосредственной близости от b_1 .

“Скорость изменения” является функцией аргумента “давление”. Эта функция имеет предел для значения своего аргумента b_1 , когда, поскольку аргумент изменяется в непосредственной

близости от b_1 , значение функции приближается к l в пределах любого стандартного приближения. 36,,,

Мы, конечно, не должны определять скорость изменения объема газа таким образом. Мы должны вычислить значение дифференциального коэффициента dv/dp из уравнения $pv=k(1 + \text{при})$: это будет $-k1 + \text{при}/p^2$, Но рассуждения, используемые в методах математического анализа, - это те, которые мы попытались изложить. Мы стараемся избегать терминов “бесконечно малые”, “бесконечно близкие”, “бесконечно малые величины” и так далее, используя стандарты приближения. Читателю, не разбирающемуся в математике, может показаться, что все это скорее следует рассматривать как “придирки”, но успех методов математической физики должен убедить его, что это не так. Он должен также учитывать, что ясные и определенные представления о фундаментальных понятиях науки так же необходимы в спекулятивной биологии, как и в математике.

(Другой пример.)

Давайте рассмотрим случай выхода камня из состояния покоя. Наблюдения покажут, что при падении камня в течение одной секунды он преодолевает расстояние в 16 футов; по истечении двух секунд он падает на высоту 64 фута; а по истечении трех секунд пройденное расстояние составляет 144 фута. Из этих и подобных данных мы можем вывести скорость движения камня, когда он проходит любую точку своего пути.

Скорость - это пространство, пройденное за определенное время s/t . Если мы возьмем любое легко обозримое пространство (скажем, пять футов) по обе стороны от выбранной точки, а затем определим моменты времени, когда камень находился на концах этого интервала, и разделим интервал пространства на интервал времени, мы получим *среднюю* скорость движения камня на этой части всего выбранного пути. Но скорость не изменялась постоянным образом в течение этого интервала (как мы видим, рассматривая промежутки, пройденные в течение первых трех секунд падения). Следовательно, наша средняя скорость не совсем точно отражает скорость камня, когда он проходит точку в середине выбранного пути.

Поэтому мы все больше и больше уменьшаем длину пути, чтобы приблизить среднюю скорость к все ближе и ближе к скорости вблизи средней части пути. Таким образом, мы находим соотношение $\delta s/\delta t$, где δs is a very small interval of path containing the point chosen, but not as an end-point, and δt - это очень маленький промежуток времени. Возможно, эта средняя скорость достаточно близка для наших целей, но, возможно, и нет. Интервал пути δs по-прежнему является конечным интервалом, а δt по-прежнему является конечным временем, и до тех пор, пока эти значения являются конечными, выведенная из них скорость остается средней. Все, что мы можем сказать, это то, что она приближается к скорости, с которой была пройдена произвольная точка, в пределах определенного стандарта приближения.

Очевидно, что чем меньше интервал δs , тем ближе будет это приближение. Предположим, тогда, что мы уменьшаем δs до тех пор, пока оно “не станет равным нулю”. Теперь может показаться, что когда δs совпадает с выбранной точкой, мы получим скорость камня в этой точке. Но если нет отрезка пути и нет интервала времени, то не может быть и скорости, которая представляет собой интервал пути, разделенный на интервал времени; и если камень находится “в точке”, он вообще не движется. Мы должны придерживаться идеи интервалов пространства и времени, и все же мы должны думать об этих интервалах как о настолько малых, что нет

никакой ошибки в определении выведенной из них средней скорости как “истинной скорости”. Поэтому мы думаем о точке как о размещенной на отрезке пути, но не в конечной точке этого интервала. Мы думаем о скорости как о средней, но у нас должен быть стандарт приближения, чтобы мы могли сказать, что средняя скорость приближается к “фактической” или *предельной* скорости камня, когда он проходит точку, в пределах этого стандарта приближения. Чем меньше мы делаем интервал, тем ближе средняя скорость будет приближаться к предельной скорости.

Поэтому мы думаем о камне как о движущемся в непосредственной близости от точки в уже обсуждавшемся смысле. Мы говорим, что “непосредственная близость” - это интервал, такой, что любая точка в нем, p_1 , приближается к произвольной точке p , которую мы рассматриваем в рамках любого стандарта приближения: то есть ни одна точка в интервале не находится дальше от p , чем определенное число, выражающее стандарт приближения, и это может быть *любое* число, каким бы малым оно ни было. То же самое мы говорим и об интервале времени. Иными словами, мы делаем интервалы настолько малыми, насколько нам нравится: они могут быть меньше любого интервала, который вызовет ошибку в нашей вычисленной скорости, независимо от того, насколько мала эта ошибка может быть.

Пределом скорости камня, падающего мимо точки на своем пути, является, следовательно, та скорость, к которой приближаются средние скорости в пределах любого стандарта приближения, когда мы рассматриваем интервал пространства как непосредственную близость к точке, а интервал времени как время в непосредственной близости от момента, когда камень проходит точку. Предел скорости - это не $\delta c/\delta t$, а ds/dt , dt и ds , являющиеся не конечными интервалами времени и пространства, а “дифференциалами”. Мы определяем этот предел методами дифференциального исчисления.

ЧАСТОТНЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ВЕРОЯТНОСТИ

Пусть читатель запишет количество козырей у себя и партнера в большом количестве партий в вист (карты разыгрываются козырными). В 200 раздачах он может получить следующие результаты:

Количество козырей в его собственных руках и руках партнера-0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13.

Количество раз, когда эту руку держали-0, 0, 0, 1, 9, 29, 53, 52, 35, 14, 6, 1, 0, 0.

Он должен также отметить, сколько раз козырями были пики, трефы, бубны и червы: он получит следующие результаты: пики - 46; трефы - 53; бубны - 51; червы - 50.

Цифры в нижней строке первого ряда образуют “частотное распределение”, поскольку они сообщают нам частоту появления раздач, указанных в цифрах над ними. “Количество козырей” - независимая переменная, а “количество раз, когда эти номера козырей были удержаны” - зависимая переменная.

Частотное распределение отражает то, насколько результаты серии экспериментов отличаются от среднего результата. Конкретный результат ожидается в результате действия одной или нескольких основных причин. Но ряд других относительно неважных причин приводит к отклонению ряда результатов от этого среднего или характерного. Однако, поскольку преобладают одна или несколько основных причин, большинство результатов эксперимента будут близко соответствовать среднему значению; и относительно небольшая часть будет отклоняться на переменные расстояния по обе стороны от среднего значения. Если колода карт была перетасована таким образом, что все масти были тщательно перемешаны друг с другом, то следует ожидать, что козыри будут разделены поровну, насколько это возможно, между четырьмя игроками. Но ряд причин приводит к нарушениям в этом желаемом равномерном распределении, и поэтому результаты большого количества сделок отклоняются от среднего результата. Применяя теорию вероятностей, можно вычислить идеальные, или теоретические, частотные распределения, основываясь в наших рассуждениях на соображениях, предложенных выше. Затем мы обнаруживаем, что наблюдаемое и рассчитанное частотные распределения могут быть очень похожи.

В биологических исследованиях мы в гораздо большей степени, чем в физических, имеем дело со средними результатами. Однако не менее важно, чтобы среднее значение рассматривалось так же, как и индивидуальные отклонения от среднего. Мы хотим знать средние результаты, а также способ и степень, в которой отдельные результаты расходятся со средним значением.

Существует средний или “идеальный” результат, но мы должны думать о множестве мелких независимых причин, которые приводят к тому, что фактически полученные результаты расходятся с этим средним значением. Если эти небольшие нескоординированные причины с такой же вероятностью приведут к тому, что результаты будут меньше среднего или больше среднего, мы получим частотное распределение, подобное приведенному выше, в том смысле, что отклонения от среднего равны по обе стороны от среднего. Но если общая тенденция небольших нескоординированных причин заключается в том, что результаты в целом имеют тенденцию превышать среднее значение, тогда распределение частот будет “односторонним”, то есть, если мы представим его кривой, последняя будет асимметричной. Асимметричные кривые чаще всего получаются в биологических статистических исследованиях.

ВОПРОС

Наше обобщенное представление о материи состоит в том, что это физическая субстанция, лежащая в основе явлений. Немедленно, или интуитивно, мы постигаем понятие материи благодаря нашему восприятию осязания и нашему восприятию мышечного напряжения. Рецепторы восприятия на расстоянии, зрительные, слуховые и обонятельные, не дали бы нам такого представления о материи.

Материальные вещи протяженны, то есть имеют форму, и они исключают друг друга, так что не могут занимать одно и то же место. Они представляются нам агрегатами различной природы: они могут быть твердыми и однородными, как кусок металла; или твердыми и пористыми, как кусок пемзы; или рыхлыми и зернистыми, как песок; или вязкими или жидкими, как смола или вода. Они могут иметь цвет. Они непрозрачны или прозрачны в разной степени. Они могут

иметь запах. Материальные вещи, как они воспринимаются рецепторами восприятия на расстоянии, по-видимому, обладают качествами.

Материальные вещи представляют собой совокупности молекул. Совокупности могут обладать существенной формой, подобной форме кристалла или организма. Форма агрегата может быть существенной и однородной, так что он состоит из молекул, все из которых одного вида, подобно кристаллу. Она может быть гетерогенной и существенной, как тело организма, когда оно состоит из молекул, которые не все относятся к одному и тому же виду. Совокупности могут иметь случайную форму, например, форму речной долины, или дельты, или горы, и форма в этих и подобных случаях не является частью сущностной природы совокупности.

Молекулы представляют собой выборки (в математическом смысле) примерно из восьмидесяти различных видов атомов. Молекула - это небольшое количество атомов, расположенных определенным образом, и ее природа зависит не только от типов атомов, из которых она состоит, но и от расположения этих атомов. Два или более различных расположения одних и тех же атомов, как правило, представляют собой разные молекулы.

МАССА

Когда материя воспринимается тактильными и мышечными органами чувств, мы интуитивно ощущаем массу. Оно *тяжелое*, и степень тяжести пропорциональна количеству вещества в теле, которое мы ощущаем, то есть его массе. Тяжесть является синонимом веса, но вес зависит не только от количества вещества в организме. Если бы последнее было удалено на бесконечное расстояние от земли или других космических тел, его вес исчез бы, но масса осталась бы. Мы все еще могли прикасаться к нему и двигать им, и мы все равно обнаружили бы, что при перемещении тел разной массы были бы необходимы разные степени мышечного напряжения.

ИНЕРЦИЯ

Если бы тело находилось в движении, мы бы обнаружили, что мышечное напряжение необходимо для того, чтобы его можно было привести в состояние покоя; а если бы оно находилось в состоянии покоя, мы бы обнаружили, что мышечное напряжение необходимо для того, чтобы его можно было привести в движение. Тело, материя в целом, обладает инерцией, и это его самый фундаментальный атрибут. Массу мы можем представить только в терминах инерции. Если бы два тела находились в состоянии покоя и если бы одинаковая степень мышечного напряжения придавала каждому из них одинаковую начальную скорость движения, их массы были бы равны. Если бы одна и та же степень мышечного напряжения придавала разные скорости разным телам, их массы были бы разными и изменялись бы непосредственно в зависимости от сообщаемых начальных скоростей.

СИЛА

Чувство, которое мы испытываем, когда выводим тело из состояния покоя или останавливаем движущееся тело, - это то, что мы называем силой. Если, поднимаясь по лестнице в темноте, мы думаем, что впереди на одну ступеньку больше, чем есть на самом деле, и поэтому испытываем странное, знакомое ощущение, что наступаем на пустоту, у нас возникает интуиция энергии; но когда мы ступаем по ступенькам и таким образом поднимаем свое тело, у нас возникает

интуиция силы. Сила - это то, что ускоряет скорость массы. Если последняя находится в состоянии покоя, мы считаем, что она имеет нулевую скорость. Если он движется, а мы его останавливаем, ускорение все равно есть, но оно отрицательное.

Материю, то есть *физическую субстанцию*, очевидно, следует понимать только в терминах энергии. Согласно нашей непосредственной интуиции, это сопротивление, или инерция, то, что требует энергии для того, чтобы его можно было заставить претерпеть изменения. Наше статичное представление о физической прочности, или массивности, исчезает при окончательном анализе. Молекулы состоят из атомов, и предполагается, что атомы обладают всеми свойствами материи: мы, конечно, не смогли бы *увидеть* их, даже если бы обладали всем необходимым увеличением, поскольку они были бы слишком малы, чтобы отражать свет. Современная физическая теория вынуждена рассматривать атомы как сложные и представляет их состоящими из движущихся электронов. Электрон нематериален — это единичный заряд электричества. Говорят, что он обладает массой, но под массой теперь понимается инерция. Пока электрон движется, он создает вокруг себя энергетическое поле, и это поле — электромагнитное - распространяется во всех направлениях. Периодические возмущения в нем составляют излучение, и это излучение распространяется со скоростью света. Именно из-за существования этого поля мы *обязаны* постулировать существование пространственного эфира. Незнакомое нам до открытия волн Герца и "беспроводной" телеграфии, это электромагнитное излучение в космосе теперь доступно нашей непосредственной интуиции. Мы можем инициировать это, приводя электроны в движение, то есть затрачивая энергию (вызывая искрение в передатчиках беспроводного телеграфного аппарата); и мы можем остановить это, если оно существует, поглощая энергию (в приемниках беспроводного телеграфного аппарата). По сути, это то, что мы понимаем под инерцией грубой материи. Мы приводим тело в движение, затрачивая на него энергию (взрыв пороха в патроне, который преобразует потенциальную химическую энергию в кинетическую энергию движущегося снаряда); и мы можем остановить тело, которое находится в движении, поглощая эту энергию движения (заставляя снаряд ударяться о цель, когда кинетическая энергия его движения становится кинетической энергией тепла остановленного тела).

Следовательно, инерция - это одно и то же, будь то инерция видимых материальных тел, или инерция невидимых материальных молекул, или инерция нематериального, неосязаемого эфира. Это условие, при котором должны происходить энергетические изменения, если что-либо, доступное нашему наблюдению, должно изменить свое состояние покоя или движения.

ЭНЕРГИЯ

Следовательно, энергия неопределима. Это элементарный аспект нашего опыта.

Природа для нас - это совокупность частиц, находящихся в движении. Мы должны говорить о массивных частицах, называем ли мы эти видимые материальные тела, или молекулами, или атомами, или электронами, чтобы иметь возможность описать природу. Мы должны использовать фикцию о *физической субстанции*. Мы знаем субстанцию или материю только в терминах энергии; на самом деле нам известна последняя. Бедность нашего языка, или, скорее, наследие материалистической эпохи, вынуждает нас говорить о частицах, которые движутся, а не о движениях как сущностях самих по себе.

Рассматривая, таким образом, идею движущихся частиц как фикцию, необходимую для четкого описания, мы можем изучать энергию. Существует только один вид, или форма, энергии, которая предстает перед нашей интуицией с помощью или без нее, - это кинетическая энергия. Движущиеся тела обладают этой энергией, представленной их движением: их можно заставить выполнять работу, то есть их энергию можно преобразовать в другие формы энергии. Все вещи находятся в движении. Газ состоит из молекул, непрерывно движущихся с высокой скоростью, сталкивающихся и отскакивающих друг от друга. Энергия газа - это сумма половины масс всех молекул, умноженная на квадраты скоростей всех молекул, то есть $\sum \frac{1}{2}mv^2$. Это также кинетическая энергия снаряда или планеты, вращающейся вокруг солнца. Кинетическая энергия - это энергия равномерного, неизменного движения некоторого объекта, обладающего массой, но мы должны расширить наше понятие массы, чтобы включить в него нематериальные, невесомые объекты, такие как электроны.

Эта энергия не может быть уничтожена или создана — закон сохранения энергии. Это принцип или способ нашего мышления. Мы не в состоянии с научной или философской точки зрения представить себе, что сущность перестает существовать. Сны и фантомы показывают нам сущности, которые реальны, *пока они существуют*, но которые перестают существовать. Если мы действительно пытаемся думать о сущностях, которые появляются из ничего или исчезают в ничто, мы отказываемся от понятия реальности. Чем больше мы думаем об этом, тем яснее мы увидим, *что вещи, которые мы называем реальными, - это вещи, которые сохраняются.*

Однако энергия, по нашему непосредственному ощущению, как будто исчезает. Летящая пуля попадает в цель и расплющивается, превращаясь в неподвижный кусок свинца. Раскаленный докрасна кусок железа остывает до температуры окружающей среды. Мяч для гольфа, катящийся по склону холма, останавливается в траве. Электрический ток, проходящий через воду, израсходован, то есть для пропускания тока через воду требуется электричество более высокого потенциала, чем для пропускания его через толстую медную проволоку. Во всех этих случаях мы могли бы подумать, что энергия теряется, но мы не можем в это поверить. Кинетическая энергия летящей пули преобразуется в увеличение кинетической энергии молекул металла, из которого состоит пуля; поскольку последний сильно нагревается, когда его полет прекращается, и это повышенное тепло должно быть равно кинетической энергии пули в полете. Раскаленный докрасна кусок железа остывает, и кинетическая энергия его молекул становится все меньше и меньше, но это не прекращает своего существования, ибо энергия просто передается излучением и проводимостью окружающим телам, температуру которых она повышает. Мяч для гольфа, загнанный в гору, останавливается и теряет свою кинетическую энергию. Некоторая часть этой энергии передается воздуху, через который он проходит, причем последний нагревается очень слабо; часть ее расходуется при трении о траву, по которой катится мяч, прежде чем остановиться, и эта энергия прослеживается в тепловых эффектах или механических воздействиях, но остальная ее часть, по-видимому, перестает существовать. Но это противоречило бы принципу сохранения, и поэтому мы говорим, что потерянная кинетическая энергия стала потенциальной. Электрический ток может нагревать воду, через которую он проходит, и таким образом можно отследить часть энергии, которая, по-видимому, исчезает, но большая часть, по-видимому, теряется. Однако при этом образуется некоторое количество свободного водорода и кислорода, и мы говорим, что кинетическая энергия движущихся электронов преобразовалась в потенциальную химическую энергию газовой смеси.

ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ

Следовательно, если энергия исчезает или появляется, мы не говорим, что она уничтожена или создана: мы изобретаем потенциальные энергии, в которые, как мы предполагаем, превратились рассматриваемые энергии, чтобы мы все еще могли думать о них как о подчиняющихся *априорному* принципу сохранения. Хотя частица радия постоянно выделяет тепло, мы, следовательно, не считаем первый принцип энергетики недействительным, поскольку предполагаем, что энергия, которая появляется таким образом, действительно была потенциальной в атомах радия. Но всему нашему предыдущему опыту с атомами противоречило то, что они должны содержать какую-либо иную энергию, кроме энергии их собственного движения, и поэтому было сделано дальнейшее предположение, что атом, по крайней мере атом радиоактивного вещества, действительно сложный, а не простой, как требует химическая теория. Он состоит из более мелких частиц и обладает определенной структурой. При определенных обстоятельствах атом может распасться, и энергия, которая удерживала вместе его частицы, будь то более простые частицы или электроны, выделяется в виде тепла, которое, по-видимому, генерирует радиоактивное вещество. Таким образом, потенциальная энергия химического атома является гипотезой, которая была разработана для того, чтобы сохранить справедливость закона сохранения, и реальность этой гипотезы проверяется исследованиями. Если мы принимаем это как истину, оправданы ли выводы, сделанные из этого, в нашем опыте? Это тест, который должен быть удовлетворен во всех гипотезах, где потенциальные энергии изобретены, а потенциалы реальны только в том случае, если тест удовлетворительный. Мяч для гольфа, покоящийся на вершине холма, отличается от мяча для гольфа, покоящегося у подножия холма: он способен вырабатывать энергию, поскольку прикосновение может заставить его скатиться с холма, когда большая часть энергии, которая была затрачена на то, чтобы доставить его на вершину холма, вновь проявится в виде кинетической энергии движения мяча. Атомы водорода и кислорода, которые были диссоциированы энергией электрического тока, отличаются от атомов водорода и кислорода, которые соединяются вместе, образуя молекулы воды. Их состояние, когда газы находятся в элементарном состоянии, или “свободны”, - это состояние молекул, движущихся быстро и непрерывно, отскакивающих друг от друга после столкновения друг с другом: они обладают энергией положения - потенциальной энергией — потому что они отделены друг от друга. Если они “объединяются”, как при взрыве смеси газов от малейшей электрической искры, они соединяются вместе и остаются в непосредственной близости друг от друга, превращаясь в молекулы воды. Энергия, которая стала потенциальной в газовой смеси, когда электрическая энергия тока, казалось, исчезла, теперь проявляется как тепло, выделяемое при сгорании, то есть как значительно увеличенная кинетическая энергия молекул газа (пара), который заменяет смесь водорода и кислорода. До взрыва этот газ представлял собой смесь молекул водорода и кислорода ($2\text{H}_2 + 2\text{O}$) при обычной температуре, но после взрыва он состоит из меньшего числа молекул при гораздо более высокой температуре.

Что такое “энергия положения”? Мяч для гольфа у подножия холма находился на расстоянии R футов от центра земли, но на вершине холма он находится на расстоянии $R + 100$ футов от центра земли. В первом случае он мог свободно падать на R футов, но во втором случае он может свободно падать на $R + 100$ футов. Атомы составляющих молекул воды занимают положение $\text{H}-\text{O}-\text{H}$, связи (-) указывают на то, что атомы расположены очень близко друг к другу; но когда вода разлагается электрическим током, атомы занимают положения $\text{O}-\text{O} + \text{H}-\text{H} + \text{H}-\text{H}$, (+)

указывает на то, что атомы находятся относительно далеко друг от друга. Итак, мяч для гольфа и земля, или атомы водорода и кислорода, физически являются одними и теми же материальными объектами, независимо от того, находятся ли они близко друг к другу или далеко друг от друга, однако, когда земля и мяч, или атомы кислорода и водорода, отделены друг от друга, их “свойства” отличаются от того, какими они являются, когда они находятся близко друг к другу. В чем разница? Это то, что есть *между* ними. Является ли это, в последнем случае, “потенциальной энергией химического сродства”? Эта ужасная фраза на самом деле использована в недавней книге по биологии: “В элементах углерод и кислород, пока они остаются раздельными, определенное количество энергии остается скрытым. Когда атомам углерода и кислорода позволено собираться вместе, эта потенциальная энергия химического сродства высвобождается в виде кинетической энергии”. Что меняется от трактации и пелляции (терминов, предложенных Содди вместо антропоморфных - “притяжение” и “отталкивание”)? Это эфир, который каким-то образом изменился. Следовательно, потенциальная энергия находится в эфире пространства.

ИЗОТЕРМИЧЕСКИЕ И АДИАБАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ

Рассмотрим изменения, происходящие в газе под влиянием изменений температуры и давления, исходя из того, что замечания, которые мы должны сделать, могут быть применены к телам, находящимся в жидком и твердом состоянии, с некоторыми необходимыми изменениями. Таким образом, газ состоит из очень большого числа частиц, или молекул, находящихся в движении. Эти молекулы движутся по прямым линиям с очень высокими скоростями, и если оболочка, в которой содержится газ, является ограниченной, молекулы сталкиваются друг с другом и со стенками оболочки; и, поскольку предполагается, что они совершенно эластичны, они отскакивают друг от друга и от стенок сосуда с той же скоростью, которую они имели при столкновении. Давление газа (скажем, пара при температуре 110°C и давлении 120 фунтов. на квадратный дюйм в паровом котле) представляет собой сумму ударов молекул о стенки содержащего их сосуда. При высокой температуре молекулы движутся с более высокой средней скоростью, чем при более низкой, и их длина свободного пробега имеет тенденцию становиться больше. Объем определенной массы газа, то есть объем, занимаемый определенным очень большим числом молекул, тем больше, чем выше температура, при условии, что оболочка способна поддаваться. Если мы уменьшим емкость оболочки, в которой содержится газ, давление повысится, поскольку внутренняя энергия газа остается той же; но мы проделали над ним работу, и по закону сохранения эта работа или, по крайней мере, энергия, представленная ею, должна все еще существовать. Это выражается в уменьшении длины свободного пробега молекул, а это означает, что удары по стенкам сосуда будут сильнее, чем они были. Следовательно, существует определенная связь между объемом газа и его давлением, и эта связь может быть представлена уравнением, включающим температуру, давление и объем.

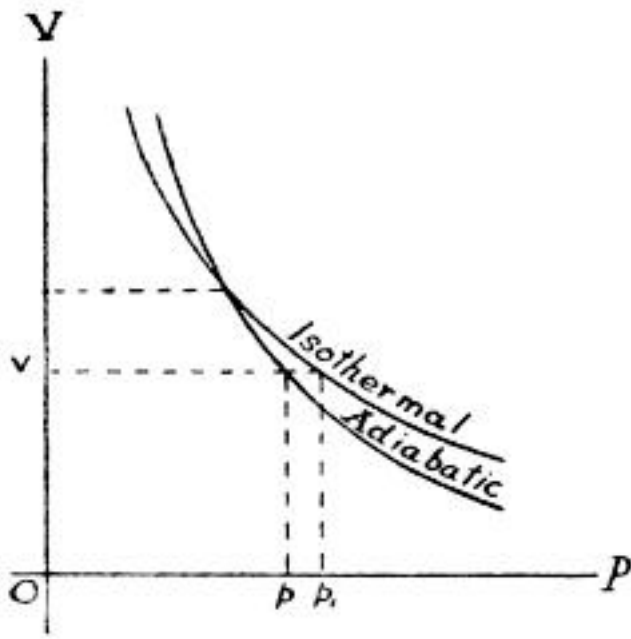


Рис. 29.

Диаграмма представляет давление и объем газа при изменении этих параметров. Существует два условия: (1) когда тепло, выделяющемуся при сжатии, позволяется выходить через стенки сосуда наружу, или когда тепло, теряемое при расширении газа, компенсируется теплопроводностью через стенки сосуда снаружи; и (2) когда выделившееся тепло сохраняется в газе, например, когда последний содержится в сосуде, стенки которого не проводят тепло. Давление газа измеряется вдоль горизонтальной оси, а объем - вдоль вертикальной оси, и рисуется кривая таким образом, чтобы для любого значения давления было соответствующее значение объема. Таким образом, значения давлений p и p_1 на диаграмме соответствуют значению объема v . Кривая, связывающая изменение давления с соответствующим изменением объема, в общем случае называется прямоугольной гиперболой. Но есть два вида таких кривых: (1) та, которую мы получаем, нанося на график соответствующие значения давления и объема, когда температура газа остается постоянной на протяжении всей серии изменений, то есть когда повышение температуры, которое произошло бы при сжатии газа, компенсируется передачей этого тепла наружу сосуда, содержащего газ. Такая серия изменений давления и объема называется *изотермической*. (2) Когда тепло, выделяемое при сжатии газа, сохраняется в газе, например, когда стенки сосуда, в котором осуществляются эти изменения, не проводят тепло: такая серия изменений называется *адиабатической*. Адиабатические кривые более крутые, чем изотермические.

ДВИГАТЕЛЬ КАРНО

Это воображаемый механизм, который выполняет определенный цикл операций. На самом деле его не существует, но концепция его действия представляет наибольшую ценность при рассмотрении энергетических преобразований, и именно по этой причине мы обсуждаем его здесь.

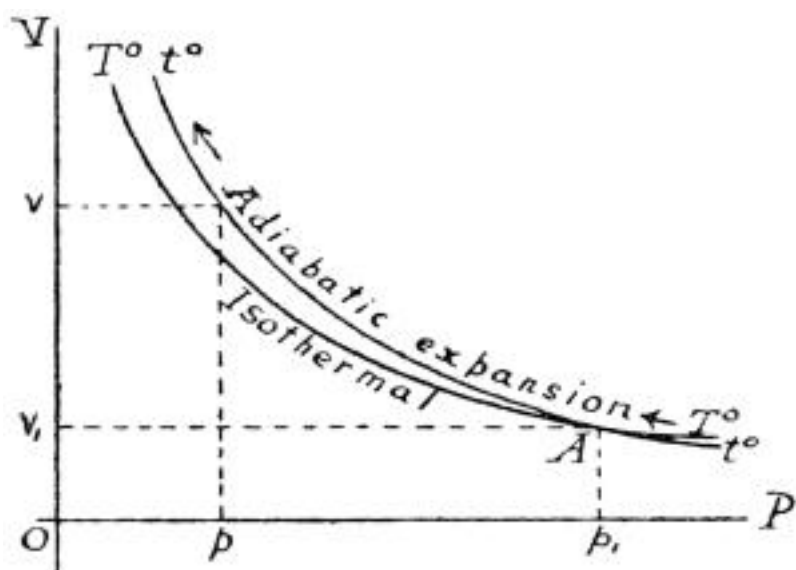


Рис. 30.

Рассмотрим газ или какое-либо другое вещество, способное расширяться или сжиматься. Оно содержит внутреннюю энергию и способно выполнять работу. Таким образом, поскольку газ может расширяться бесконечно, его можно заставить выполнять механическую работу. Масса газа при давлении p_1 , имеющая объем v_1 и при температуре T° , может выполнять работу, расширяясь до тех пор, пока ее давление не снизится до p , а ее объем не увеличится до v . Если он расширяется адиабатически, его температура упадет до t° . Предположим, что t° - это температура окружающей среды: следовательно, газ не может охлаждаться дальше, и мы не можем получить от него больше никакой работы. Если газ является веществом, которое мы хотим использовать в качестве рабочего вещества в двигателе Карно, мы должны, следовательно, вернуть его в состояние, представленное A . То есть мы должны повысить его температуру до T° , мы должны уменьшить его объем до v_1 , и мы должны увеличить его давление до p_1 .

Таким образом, пар в двигателе имеет (скажем) температуру 110°C и давление 120 фунтов. на квадратный дюйм. Когда она проходит через цилиндр и конденсатор, это вода с температурой, скажем, 15°C и атмосферным давлением. Поэтому мы должны вернуть ее в прежнее состояние, нагревая эту воду в котле до тех пор, пока она не превратится в пар при прежних условиях температуры и давления.

Следовательно, чтобы получить самодействующий двигатель, мы должны заставить рабочее вещество и механизм двигателя выполнять ряд циклических операций.

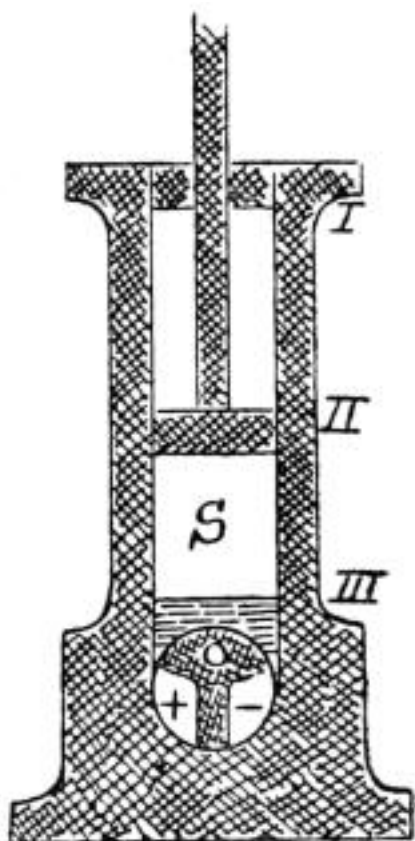


Рис. 31.

Двигатель Карно представляет собой цилиндр, содержащий газ, называемый рабочим веществом S , и этот газ может быть приведен в тепловой контакт с источником тепла или холодильником, то есть газ может нагреваться или охлаждаться механизмом вне его самого. Стенки цилиндра сделаны из какого-то вещества, которое совершенно не проводит тепло, но дно цилиндра сделано из вещества, которое отлично проводит тепло. В цилиндре есть поршень, который плотно прилегает к нему, но который перемещается вверх и вниз без трения. В нижней части последнего находится клапан, который можно поворачивать таким образом, чтобы дно баллона, а следовательно, и газ, находились в тепловом контакте с резервуаром тепла (+) или холодильником (-). Но когда клапан повернут так, что непроводящая часть O заполняет дно, газ полностью изолирован, и тепло не может ни проникать в него, ни выходить из него.

Такой двигатель, конечно, является воображаемым, поскольку не может быть механизма, в котором не было бы определенного трения между движущимися частями, и нет веществ, которые идеально проводили бы или изолировали тепло. Двигатель, по сути, является *пределом* серии двигателей, каждый из которых должен быть более совершенным, чем предыдущий. Это вымысел, который имеет большое значение в теоретической работе.

ПОЛОЖИТЕЛЬНЫЙ ЦИКЛ КАРНО

Таким образом, мы имеем вещество, которое может нагреваться при контакте с горячим телом и которое затем может расширяться, выполняя механическую работу путем подъема поршня и, возможно, вращения маховика, и над которым затем выполняется работа, так что оно возвращается в свое первоначальное состояние. Это цикл операций. Если мы рассмотрим только изменения, происходящие в рабочем веществе, мы можем представить эти изменения диаграммой.

Первая операция, (1→2). Предположим, что клапан повернут так, что непроводящая пробка закрывает цилиндр. Поршень находится в положении II (рис.31). В этом случае тепло не может поступать в газ или выходить из него. Но последний уже содержит тепло: он имеет температуру T_2° , так что при выполнении работы он может расширяться. Позвольте ему расширяться, подталкивая поршень вверх. Во время этой операции давление газа будет падать от точки на вертикальной оси, противоположной 1, до точки, противоположной 2, а его объем будет увеличиваться от точки на горизонтальной оси, расположенной ниже 1, до точки, расположенной ниже 2. Он остынет, потому что он расширился, и во время этого процесса в него не должно попадать тепло. Следовательно, расширение является адиабатическим; температура падает с T_2° до T_1° ; и работу выполняет газ.

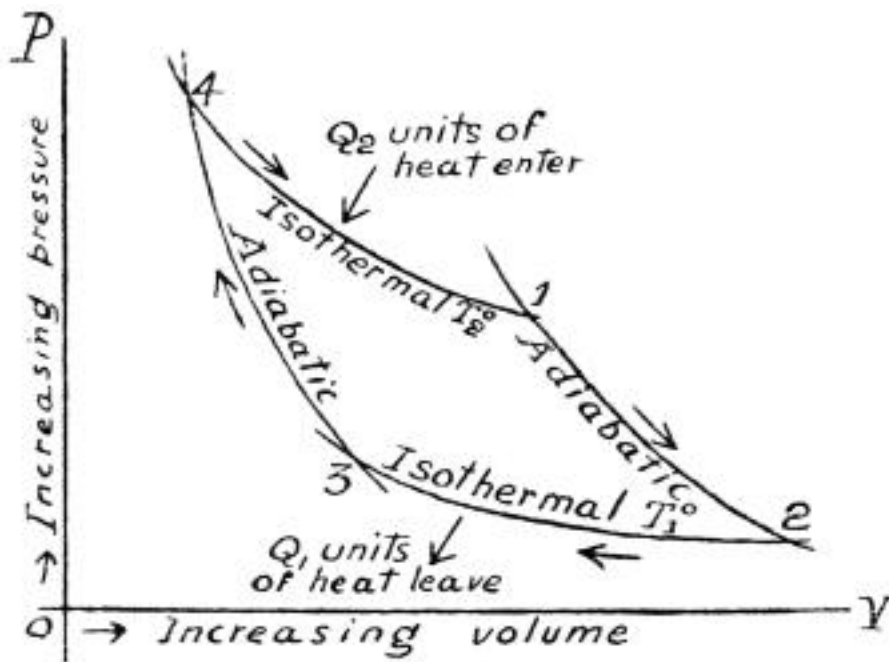


Рис. 32.

Вторая операция, (2→3). Поршень теперь находится в положении I, то есть на верхнем конце своего хода, и мы должны снова вернуть его в нижний конец цилиндра. Клапан поворачивается таким образом, чтобы нижняя часть цилиндра находилась в тепловом сообщении с холодильником (-), и поршень перемещается в положение II. Таким образом, газ сжимается до тех пор, пока его объем не уменьшится с точки ниже 2 до точки ниже 3. При сжатии выделяется тепло, и его температура повышается, но при выработке этого тепла оно поступает в

холодильник, так что температура газа остается неизменной во время работы. Следовательно, сжатие является изотермическим; температура остается на уровне T_1° ; и работа с газом осуществляется извне.

Третья операция, $(3 \rightarrow 4)$. Но поршень еще не достиг нижнего конца своего хода. Поворачиваем клапан так, чтобы нижняя часть цилиндра была закрыта непроводящей пробкой O , а затем вдавливаем поршень, пока он не достигнет положения III. Газ еще больше сжимается, и при этом сжатии выделяется тепло. Но тепло не может уйти, так что температура газа повышается до тех пор, пока не достигнет T_2° . Следовательно, сжатие является адиабатическим. Работа выполняется *над* газом.

Четвертая операция, $(4 \rightarrow 1)$. Теперь поршень находится в нижней части своего хода. Поворачиваем клапан так, чтобы нижняя часть цилиндра была сообщена с источником тепла (+). Газ расширяется от точки под цифрой 4 до точки под цифрой 1, поднимая поршень в положение II. Это расширение газа привело бы к снижению его температуры, но оно сообщено с источником тепла, и поэтому оно не охлаждается, а забирает тепло от источника и остается при постоянной температуре, T_2° . Следовательно, расширение является изотермическим. Работу выполняет *by* газ.

На этом цикл завершается. Но газ нагревается, и когда поршень находится в положении II, клапан поворачивается таким образом, чтобы закрыть цилиндр непроводящей пробкой O . Тепло, уже содержащееся в газе, продолжает расширяться, последний выполняет больше работы, но это расширение приводит к падению температуры с T_2° до T_1° . Это операция, с которой начался цикл.

Подводя итог положительному циклу Карно, мы видим, что двигатель забирает тепло от источника (+) и отдает часть этого холодильнику (–), (в реальном паровом двигателе тепло забирается из котла и отдается воде в конденсаторе). Если мы измерим количество тепла, отбираемого из котла в виде пара, поступающего в цилиндры, мы обнаружим, что это количество тепла больше, чем количество, отдаваемое воде в конденсаторе. Что происходит с балансом? Она преобразуется в механическую работу двигателя. Таким образом, двигатель Карно забирает некоторое количество тепла, Q_2 , от источника и отдает другое количество тепла, Q_1 , холодильнику. Мы находим, что Q_2 больше, чем Q_1 , и баланс, $Q_2 - Q_1$, представлен работой, выполняемой двигателем. Тепловая энергия переходит из состояния с высоким потенциалом в состояние с низким потенциалом и частично преобразуется в механическую работу.

ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ЦИКЛ КАРНО

Это просто положительный цикл, *обращенный*. Читатель должен разгадать это сам, если он еще не знаком с этим. Он состоит из адиабатического сжатия $2 \rightarrow 1$, изотермического сжатия $1 \rightarrow 4$, адиабатического расширения $4 \rightarrow 3$ и изотермического расширения $3 \rightarrow 2$. Некоторое количество тепла, Q_1 , отбирается из холодильника при температуре T_1° , а другое количество, Q_2 , отдается источнику при температуре T_2° . Но Q_2 больше, чем Q_1 , и поэтому двигатель отдает больше тепла, чем получает, в то время как, кроме того, тепло передается от тела с низкой температурой к другому телу с более высокой температурой. Откуда двигатель получает эту энергию? Он получает это, потому что над *ним* выполняется работа с помощью внешнего агентства, и вся эта работа преобразуется в тепло.

ОБРАТИМОСТЬ

Таким образом, двигатель и цикл Карно полностью обратимы. Двигатель может не только преобразовывать тепло в работу, но и превращать работу в тепло. Однако эта совершенная количественная обратимость является свойством только воображаемого механизма, и ее нет ни в одном реальном двигателе.

ЭНТРОПИЯ

Давайте рассмотрим этот цикл более внимательно. При операции $4 \rightarrow 1$, которая представляет собой изотермическое расширение, происходит приток тепловой энергии от источника и преобразование энергии в работу. Газ в состоянии, обозначенном точкой 4, имел определенное давление и определенный объем. В состоянии, обозначенном точкой 1, его давление уменьшилось, объем увеличился, а температура осталась прежней. Его физическое состояние изменилось, и чтобы вернуть его в прежнее состояние, с ним нужно что-то сделать. Пусть, таким образом, газ продолжает расширяться, не получая больше тепла и не расходуя его: то есть пусть он подвергается адиабатическому расширению $1 \rightarrow 2$, пока его температура не упадет до температуры холодильника, T_1° . Теперь мы сжимаем газ, поддерживая его при этой температуре, то есть мы заставляем его подвергаться изотермическому сжатию $2 \rightarrow 3$, во время которого он отдает тепло холодильнику, так что снова возникает поток тепловой энергии. Затем мы сжимаем его еще сильнее, не позволяя теплу выходить из него, то есть заставляем его подвергаться адиабатическому сжатию $3 \rightarrow 4$. Во время этой операции температура газа повышается до T_2° . Сейчас он находится в том состоянии, в котором был, когда начался цикл.

В этом цикле операций тепло сначала поступало в газ, а затем покидало его, и с этим поступлением или отводом тепла состояние газа в отношении его способности выполнять работу менялось. Мы исследуем этот поток тепла и сопутствующее изменение свойств вещества, в отношении которого этот поток имел место, формируя концепцию, называемую *энтропией*. Мы условились, что когда тепло поступает в вещество, энтропия последнего увеличивается, а когда тепло покидает его, его энтропия уменьшается. Мы называем количество тепла, поступающего в вещество или покидающего его, Q и температурой вещества T . Тогда Q/T пропорционально изменению энтропии вещества, когда количество тепла, Q , поступает в него или покидает его.

Итак, из нашего опыта известно, что тепло может течь только *само по себе* от более горячего тела к более холодному. Рассмотрим два таких тела, образующих изолированную систему, температура более горячего из которых составляет T_2° , а более холодного - T_1° . Пусть Q единиц тепла вытекает из тела при T_2° по сравнению с тем, что при T_1° работа не выполняется.

Тогда потеря энтропии более горячим телом равна Q/T_2° , а прирост энтропии более холодным телом равен Q/T_1 . Чистое изменение энтропии системы составляет $Q/T_1^\circ - Q/T_2^\circ$. Поскольку T_2° больше, чем T_1° , Q/T_2° меньше, чем Q/T_1° . Следовательно, выражение $Q/T_1^\circ - Q/T_2^\circ$ является положительным, то есть энтропия системы в целом увеличилась. Следовательно, когда тепло переходит от более горячего тела к более холодному, суммарная энтропия двух тел увеличивается.

Но мы также можем заставить тепло течь от более холодного тела к более горячему, *осуществляя компенсационное преобразование энергии*. Такая компенсация не произошла бы

сама по себе ни в одной системе, способной осуществить преобразование энергии, если для того, чтобы это было осуществлено, на преобразующую систему должно воздействовать какое-то внешнее воздействие. Мы можем предположить, что это происходит в рамках совершенно обратимого воображаемого механизма. Предположим, что двигатель Карно работает в положительном направлении, забирая тепло из резервуара при температуре T_2° и отдавая часть этого тепла холодильнику при T_1° и выполняя определенный объем работы W . Предположим, что эта работа, так сказать, накапливается, скажем, за счет подъема тяжелого груза, который затем может упасть и привести в действие тот же двигатель Карно в противоположном (отрицательном) направлении. После этого двигатель в точности изменяет свою прежнюю последовательность операций. Прделанная им работа повторно преобразуется в тепло, и столько же этого тепла перетекает из холодильника в источник, то есть от более холодного тела к более горячему, при отрицательных операциях, сколько перетекало от источника к холодильнику при положительных операциях. При этом первичном преобразовании энергии в сочетании с компенсационным преобразованием энергии энтропия не изменяется. Механизм является идеальным — пределом необратимости механизма.

Но — и теперь мы обращаемся к опыту и перестаем работать с идеальными механизмами — реальный двигатель, который мы можем спроектировать и запустить, - это двигатель, в котором будет трение, в котором одни детали будут плохо проводить тепло, а другие - плохо изолировать тепло. Пусть трение генерирует q единиц тепла, и пусть количество тепла, которое “тратится впустую” из-за несовершенной проводимости и изоляции, равно q_1 . Это тепло будет поступать в холодильник, или будет излучаться, или передаваться окружающей среде, которая, как мы предполагаем, имеет ту же температуру, что и холодильник. Если затем мы разделим это общее количество тепла на температуру T_1° , мы получим $q + q_1/T_1^\circ = S_1$ как количество энтропии, которое генерируется в результате несовершенства двигателя, в дополнение к количеству энтропии, S , которое генерировалось бы, если бы двигатель был совершенным. Оба S и S_1 являются положительными.

Также при работе двигателя в отрицательном направлении по причинам, аналогичным упомянутым выше, генерируется определенное количество энтропии, S_1 .

Следовательно, энтропия, генерируемая при работе двигателя в положительном направлении, равна $S + S_1$, а при отрицательной работе генерируемая величина также равна S_1 . Энтропия, уничтожаемая при отрицательной работе двигателя, равна S . Следовательно, общее изменение энтропии составляет $2S_1 + S - S$, то есть $2S_1$. Следовательно, при фактическом преобразовании энергии в сочетании с компенсационным преобразованием энергии происходит увеличение энтропии.

Мы можем обобщить эти утверждения так, что они будут применимы не только к тепловому двигателю, но и ко всем механизмам, которые осуществляют преобразование энергии. Во всех таких преобразованиях генерируется энтропия. Следовательно, *энтропия Вселенной стремится к максимуму*.

ДОСТУПНАЯ И НЕДОСТУПНАЯ ЭНЕРГИЯ

Рассматривайте двигатель Карно как совершенный механизм. Он забирает тепловую энергию из источника с температурой T_2° и отдает тепло холодильнику при температуре T_1° , при этом T_2° больше, чем T_1° . При адиабатическом расширении $1 \rightarrow 2$ газ продолжает расширяться до тех

пор, пока его температура не станет равной температуре холодильника. Следовательно, он больше не может расширяться и выполнять работу, и, следовательно, доля тепла, Q_2 , полученная от источника, которая может быть преобразована в работу, зависит от разницы температур $T_2^\circ - T_1^\circ$. Чем больше эта разница, тем больше будет доля полученной тепловой энергии, которая может быть преобразована в работу. Если бы двигатель был совершенным, и если бы газ также был совершенным (то есть газ, который продолжал бы расширяться в соответствии с уравнением для адиабатического расширения газов), и если бы холодильник был абсолютно холодным, то вся тепловая энергия, полученная от источника, могла бы быть преобразована в работу.

Мы не можем изготовить холодильник с абсолютной температурой 0° , и поэтому только определенная доля тепла, получаемого двигателем, может быть преобразована в механическую работу. Но эта работа может быть использована для обратного действия двигателя, и, таким образом, та же доля общей тепловой энергии, которая была отдана холодильнику, может быть отнята у него и возвращена обратно источнику. Таким образом, идеальный двигатель является обратимым без потери доступной энергии.

Теперь рассмотрим двигатель как механизм, который забирает тепло от источника и отдает его холодильнику, но пусть это будет настоящий двигатель. Вместо того, чтобы отдавать в холодильник определенную долю получаемого тепла — долю, равную $Q_1 \text{ При } 1^\circ / \text{при } 2^\circ$ он уступает гораздо больше, потому что это не совершенный механизм, то есть он создает трение и т.д. Часть полученного таким образом тепла перестает быть доступной для выполнения работы и переходит в холодильник. Доля тепловой энергии, которая поступает в холодильник в идеально обратимом двигателе, была недоступной энергией в условиях, в которых работал механизм, или предполагалось, что он будет работать, но в реальном двигателе эта доля увеличена. Если мы разделим увеличение доступной энергии на температуру холодильника, то результатом будет увеличение энтропии, генерируемой в реальном двигателе, по сравнению с энтропией, генерируемой в идеальном двигателе. Из-за такого сокращения доступной энергии сам двигатель является необратимым механизмом.

Это связь между недоступной энергией и энтропией. Во всех преобразованиях некоторая доля преобразуемой энергии превращается в тепло, и это тепло передается за счет проводимости и излучения в окружающие тела. Как правило, это тепло просто повышает температуру среды, в которую оно поступает, и становится недоступным для дальнейших преобразований. С каждым происходящим преобразованием какая-то часть задействованной энергии становится недоступной. Следовательно, хотя сумма доступной и недоступной энергии Вселенной остается постоянной, доля недоступной энергии постоянно стремится к максимуму.

ИНЕРТНАЯ МАТЕРИЯ

Теперь мы можем видеть, на что указывает “инертная материя” Бергсона. Это не материя, лишенная энергии — такое выражение не имеет смысла — *это энергия, которая недоступна для дальнейших преобразований*.

Материя, о которой мы решили сказать, что эта энергия присуща ей, стала *инертной*. Давайте заменим двигатель Карно настоящей паровой машиной корабля, конденсатор которой охлаждается забираемой внутрь морской водой, которая затем нагревается и снова вытекает в море. Таким образом, тепло, получаемое от источника, то есть от топки котла, где сжигается

уголь для получения пара, уходит в море. Теплосмкость моря настолько велика, что температура воды незначительно повышается за счет тепла, поступающего в нее от двигателя: даже если бы она была заметно повышена, тепло передавалось бы земле или излучалось в космос, а затем повышало бы температуру материальных тел Вселенной. Но пусть все это тепло останется в море. Тогда температура воды просто повышается на чрезвычайно малую величину, и движения молекул становятся бесконечно малыми. Но тепло равномерно распределяется за счет теплопроводности и конвекции по всей массе воды в море, и поскольку в соседних частях нет различий, нет средств, с помощью которых энергия, которая таким образом поступает в море, может быть снова преобразована.

Новый порядок вещей является результатом указанных нами процессов. Выделенная, доступная тепловая энергия материальных тел была преобразована в нескоординированную, рассеянную, недоступную энергию молекул, составляющих эти тела. Преобразования, которые мы можем осуществить, зависят от условия, что энергия, которую мы используем, является энергией совокупностей молекул, которые находятся в физическом состоянии, отличном с точки зрения этой энергии, от соседних агрегатов. Но когда эта энергия становится равномерно распределенной между молекулами всех агрегатов, материя, в которой она содержится, становится инертной. Если бы мы могли, с помощью процесса сортировки, подобного процессу гипотетических демонов Максвелла, процесса, который не расходует энергию, с которой он имеет дело, разделить молекулы, которые двигались медленно, от тех, которые двигались быстрее, мы могли бы снова сделать эту энергию доступной. Но необходимо четко понимать, что наша физика - это физика не отдельных молекул, а совокупностей молекул.

НАПЕЧАТАНО ИЗДАТЕЛЬСТВОМ "ТЕРНБУЛЛ И СПИРС", ЭДИНБУРГ

СНОСКИ:

1 Все это, конечно, является аргументацией более ранних книг Бергсона "*Материя и воспоминания*" и "*Основы совести*".

2 См. приложение, стр. 350.

3 См. приложение, стр. 346.

4 За исключением того, что, конечно, реакции, которые должны происходить, очень сложные.

5 Читатель может распознать в этом аргументе одно из *Трех окон в Абсолют*, предложенных Дришем.

6 См. приложение, стр. 356.

7 Основная причина, по которой мы не верим в фантазии, заключается в том, что эти видимости не сохраняются.

8 См. приложение, стр. 369. Энтропия - это туманное понятие, которое трудно уловить. Но мы снова можем указать, что читатель, который хотел бы распространить понятие механизма на жизнь, просто *должен* усвоить его.

9 Метеориты, космическая пыль и другие мелкие частицы, движущиеся в солнечной системе под действием силы тяжести Солнца.

10 Не полностью, конечно, но каким бы ни было преобразование, оно заканчивается выделением тепла.

11 Абсолютная температура равна температуре по Цельсию +273. Это, конечно, не полное определение, но его достаточно для нашего нынешнего обсуждения.

12 Действительно необходимо подчеркнуть различие между доступной и недоступной энергией, поскольку это то, что многие биологи, по-видимому, игнорируют. Так, популярная книга о сотворении земли пытается доказать, что существенных различий между живой и неорганической материей не существует. Одно из этих различий заключается в том, что организмы поглощают энергию, и этот автор указывает на поглощение “скрытого тепла” при таянии льда в качестве примера поглощения энергии в чисто физическом процессе. Рассмотрим систему, состоящую из куска льда и небольшого парового котла. Мы можем получить работу за счет таяния льда, то есть его “поглощения скрытого тепла”. Система “лед при 0 ° C + пар при 100 ° C” обладает доступной энергией, но система “расплавленный лед + конденсированный пар”, оба при одинаковой температуре, не содержит ее. Молекулы воды при 0 ° C. “поглощают энергию”, то есть их кинетическая энергия становится больше, но их доступная энергия в системе исчезла. Говоря, что организм поглощает энергию, мы, конечно, имеем в виду, что он накапливает доступную энергию, то есть способность производить физические преобразования. (См. далее, приложение, стр.366.)

13 Брайан, *Термодинамика*: Тойбнер, Лейпциг, 1907, стр. 40.

14 Брайан, *Термодинамика*, стр. 195.

15 См. приложение, стр. 363.

16 Это, конечно, аргумент части главы II *творческой эволюции* Бергсона. Нигде больше в биологической литературе читатель не найдет столь четкого изложения существенных различий между растениями и животными.

17 Бесполезно говорить, что без электрической искры соединение не произошло бы, поскольку мы не знаем, что *O* и *H* смеси не соединяются *очень* медленно, молекула за молекулой, так сказать. В любом случае, нет никакой взаимосвязи между бесконечно малым количеством энергии, подаваемой искрой, и энергией, которая становится кинетической при взрыве.

18 Заявление, представляющее интерес ввиду огромного количества “ферментов”, открытых физиологами. Согласно современным исследованиям, любая ткань в любом организме способна вырабатывать фермент.

19 Мы не говорили о “психической секреции”. Если мы чувствуем запах какого-то очень вкусного вещества, у нас “текут слюнки”, то есть происходит выделение слюны. Если мы даже видим какое-то такое вещество, происходит то же самое выделение. Все это понятно и может

быть “объяснено” механистически: стимуляция органов обоняния или зрения запускает своего рода рефлекторный процесс. Но если мы даже *подумаем* о каком-нибудь очень вкусном кусочке, может выделиться слюна. Теперь мы должны предположить, что наше сознание, нечто такое, что, следует отметить, не имеет ничего общего с энергетическими изменениями в теле, может реагировать на тело. Если мы покажем собаке привлекательную косточку, она выделит слюну; если мы покажем ее снова и снова, произойдет то же самое. Но после определенных таких попыток собака поймет, что с ней играют, и выставление кости больше не вызывает выделения. Почему это? Весь этот процесс сейчас стал более загадочным, чем когда-либо.

20 Невозможно в том смысле, что, хотя мы не в состоянии “отменить” физический закон, конечный демон Максвелла мог это сделать, хотя его способности были схожи по природе с нашими.

21 Многие замечательные исследования Жака Леба указывают в этом направлении.

22 Таким образом, у обычной женщины вид коровы посреди проселочной дороги вызывает определенное чувство тревоги, которое всегда одно и то же, хотя оптический образ животного заметно отличается в разных приключениях.

23 Мы не находим, чтобы это прямо заявлялось таким образом в механистических биологических трудах. Тем не менее, это подразумевается и является законным выводом из использованных аргументов.

24 Визуальный образ, конечно, может быть чем-то таким, чего никто никогда на самом деле не видел. Но тогда его элементы действительно существовали в восприятии в прошлом.

25 Или, в более общем смысле, *эффекторный* механизм. Это позволяет нам включать реакции, такие как секреторные, которые не являются моторными.

26 Это описание, конечно, только для удобства. Понятие индивидуальности, как оно выражено в предыдущей части этого параграфа, является интуитивно ощущаемым, или субъективным. Его лучше всего назвать личностью.

27 Общества и цивилизации, ассоциации пчел и муравьев или современное государство, очевидно, демонстрируют эту дифференциацию. Это морфологическое и функциональное свойство в случае членистоногих, поскольку особи, выполняющие разные обязанности, изменяются по форме. Оно функционально только в случае человеческих обществ. Интеграция деятельности индивидов в обществах обоих типов осуществляется посредством взаимной коммуникации: артикулирования символов в случае низших животных, языка в случае человека. Если бы концепция “порядков индивидуальности” была чем-то большим, чем удобным, хотя и искусственным, анализом естественно целостных образований, мы могли бы говорить об идеальном государстве или обществе насекомых как о “четвертом порядке индивидуальности”.

28 “Но, - говорит Вейсман, имея в виду возражение подобного рода, - скорее следует спросить, является ли размер атомов и молекул фактом, а не весьма сомнительным результатом ненадежного метода исследования”.

29 См. Приложение, стр. 350.

30 См. Приложение, стр. 351.

31 Теперь мы знаем, что это утверждение не совсем точно.

32 Предполагается, что вселенная конечна. Если бы это было бесконечно, вся дискуссия стала бы бессмысленной, и мы должны *отказаться* от этой и других проблем.

33 Его плотность была бы $1/58 \times 10^8$ от плотности нашей атмосферы.

34 Это описание в значительной степени является расширением “Аналитического определения индивидуального живого организма” Дриша. Читатель должен также отметить, что в качестве частей описания оно включает бергсонианскую идею продолжительности и идею организма как типичной фазы эволюционного потока.

35 Следует понимать, что некоторые вещи, рассматриваемые в этих приложениях, очень трудны для понимания читателю, знакомому только с результатами биологической науки. Однако мы настоятельно призываем к тому, чтобы все они имели отношение к делу, если биологические результаты будут использоваться умозрительно.

36 Если читатель этого не понимает, ему следует прочитать “Введение в математику” Уайтхеда. Он должен прочитать эту книгу в любом случае.

Вернуться к [заметкам переписчика](#)

Исправления орфографии:

анимокислоты → аминокислоты

анимосубстанции → аминосубстанции

разные виды

водорослей → водоросли

органсим → организм (x2)

диффузность →

маржинальность → мажоритарный

гитотезис → гипотеза

исполнительный → выделительный

рассмотренный → рассмотренный

Вернуться к [заметкам переписчика](#)